Institut für Binnenfischerei e. V.
Potsdam-Sacrow
Im Königswald 2
14469 Potsdam

Machbarkeitsstudie zur Realisierbarkeit von Untersuchungen zu den Effekten von Maximalmaßen auf die Bestandsdynamik von anglerischen Hauptzielarten

Zuwendungsgeber: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek

Bearbeiter: M. Sc. D. Hühn
Dr. U. Brämick

Das dem vorliegenden Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln aus der Fischereiabgabe Schleswig-Holstein gefördert.

Mai 2020

Impressum

Autoren:	Daniel Hühn, Uwe Brämick Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow
Titelbild:	Porträt eines Hechtes
Zuwendungsnehmer:	Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow
Zuwendungsgeber:	Landesamt f. Landwirtschaft, Umwelt u. ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR)
Förderzeichen:	304/ 15-2018
Zitiervorschlag:	Hühn, D. & Brämick, U. (2020): Machbarkeitsstudie zur Realisierbarkeit von Untersuchungen zu den Effekten von Maximalmaßen auf die Bestandsdynamik von anglerischen Hauptzielarten, Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow. Projektbericht, 71 S.

Das dem vorliegenden Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln aus der Fischereiabgabe Schleswig-Holsteins gefördert.

Inhalt

1 Hintergrund und Problemstellung ... 5

2 Ziel des Vorhabens und Aufgabenstellung ... 7

3 Literaturrecherche zum Stand des Wissens ... 8

3.1 Methodisches Vorgehen ... 8

3.2 Überblick zur recherchierten Literatur ... 9

3.3 Schonmaße zur Regulierung der Entnahme von Fischen ... 10

3.4 Ergebnisse theoretischer Modellierungen ... 11

3.4.1 Zielgrößen bei Modellierungen ... 12

3.4.2 Arten und Familien ... 13

3.5 Ergebnisse von Labor- und Feldversuchen ... 17

3.6 Zusammenfassung des Wissensstandes ... 19

4 Ableitung von Arbeitshypothesen für den Praxistest ... 25

5 Auswahl von Praxispartnern und Untersuchungsgewässern ... 26

5.1 Angelvereine und Vereinsgewässer des Landessportfischerverbandes Schleswig-Holstein e. V. ... 26

5.1.1 Information der Vereine ... 26

5.1.2 Anforderungen an potenzielle Untersuchungsgewässer ... 27

5.1.3 Ergebnisse der Befragung ... 28

5.1.4 Schlussfolgerungen für die Durchführung eines Praxistests an Vereinsgewässern des LSFV ... 30

5.2 Nicht befischte bzw. bewirtschaftete Seen, große Teiche ... 31

5.3 Teichanlagen ... 33

6 Weiterentwicklung der Untersuchungskonzeption ... 34

6.1 Auswahl einer Modellfischart ... 34

6.2 Untersuchungen in angelfischereilich bewirtschafteten Seen: Hauptversuch ... 37

6.2.1 Zielstellung und Fokus ... 37

6.2.2 Erfassung der Gewässereigenschaften ... 38

6.2.3 Erfassung der Hechtbestände ... 38

6.2.4 Auswahl der Lage des Entnahmefensters ... 40

6.2.5 Erfassung des angelfischereilichen Aufwands und der Fänge ... 41

6.2.6 Dauer der Versuchsdurchführung ... 41

6.2.7 Arbeitspakete 43

6.3 Untersuchungen in nicht befischten Seen bzw. größeren ablassbaren Teichen im alternativen Ansatz 45

6.4 Nebenversuch: Systematische Untersuchungen zur Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Laichfische 47

6.4.1 Zielstellung und Ansatz 47

6.4.2 Arbeitspakete 48

7 Überschlägige Kostenschätzung für Hauptversuch und Nebenversuch 50

8 Suche nach Kooperationspartnern, Kostenteilung 51

9 Zusammenfassung und Empfehlungen für die Umsetzung eines Praxistests zu Effekten einer Entnahmefenster-Regulierung 51

10 Literaturverzeichnis 56

11 Anhang 62

11.1 Kurzdarstellungen (Abstracts) der bei der Literaturrecherche als besonders relevant eingestuften Artikel 62

1 Hintergrund und Problemstellung

Das Fischereirecht des Landes Schleswig-Holstein wie auch der anderen Bundesländer umfasst neben dem Recht zur Aneignung gefangener Fische auch die Pflicht des Eigentümers bzw. Pächters zur Hege des Fischbestandes in offenen Binnengewässern. Ziel ist der Aufbau und Erhalt eines der Größe und Beschaffenheit des Gewässers entsprechenden artenreichen, heimischen und gesunden Fischbestandes. In diesem Zusammenhang ist innerhalb einer rechtlich festgelegten Gebietskulisse ein Hegeplan aufzustellen und durch die obere Fischereibehörde zu genehmigen.

Der Fang von Fischen zum Nahrungserwerb und die Hege von Beständen gelten im Kontext der Angelfischerei als legitime und zugleich ausschließliche Gründe, Tieren z. B. im Zusammenhang mit deren Fang Schmerz, Leid und Schäden im Sinne des Deutschen Tierschutzrechts zuzufügen. Hinzu kommt, dass die Fischerei im Bundesnaturschutzgesetz nur dann nicht als genehmigungspflichtiger Eingriff in Natur und Landschaft angesehen wird, wenn dabei die Grundsätze der Guten Fachlichen Praxis (zu der untrennbar auch Hegemaßnahmen gehören) eingehalten werden.

Aus diesen Vorgaben und Erwägungsgründen ergibt sich sowohl für Ausübende des Fischereirechts als auch für die obere Fischereibehörde die Aufgabe, Hegemaßnahmen hinsichtlich ihrer Notwendigkeit, Umsetzbarkeit und Wirkung bzw. Eignung zur Erreichung konkreter Zielstellungen objektiv beurteilen zu können.

In der deutschen Binnenfischerei sind verschiedene Hegemaßnahmen und Regulierungen etabliert, beispielsweise Schonzeiten, Fangmengenbegrenzungen, Fischbesatz zur Bestandsstützung oder Anlage und Entwicklung von speziellen Gewässerstrukturen und Habitaten. An den meisten Gewässern werden mehrere Maßnahmen kombiniert, um eine nachhaltige Bestandsbewirtschaftung abzusichern. Eine aktuell besonders im Fokus stehende Maßnahme sind artspezifische Mindestmaße. Sie gewährleisten, dass die Individuen einer Art mindestens einmal am Reproduktionsgeschehen teilnehmen können und stellen darüber einen Mindestschutz vor Rekrutierungsüberfischung dar (Vasilakopoulos, O'neill et al. 2011, Allen, Ahrens et al. 2013, Johnston, Arlinghaus et al. 2013). Gleichzeitig können sie aufgrund der selektiven Entnahme von Fischen oberhalb einer Mindestgröße zumindest bei höherem Befischungsdruck zu Verschiebungen in der Längen- und Altersstruktur des Bestandes und insbesondere zur Reduzierung des Anteils großer und älterer Laichfische führen (Pierce 2010, Tiainen, Olin et al. 2014, Tiainen, Olin et al. 2017). Da diesen Fischen für den Rekrutierungserfolg eine besondere Rolle beigemessen wird (z. B. über eine längere Ausdehnung der Laichzeit, eine höhere relative Fruchtbarkeit, größere Eier und Larven, genetische Disposition für schnelles Wachstum u. ä.), wird unter Wissenschaftlern, fischereilichen Nutzern und Behörden über Notwendigkeit und Effekte der Schonung größerer/älterer Fische im Rahmen der Hegepflicht sowie geeignete Ansätze dafür diskutiert. Ist eine Reduktion des Befischungsdrucks z.B. über eine Limitierung der Angeltage je Gewässer keine Option oder nicht praktikabel, steht das sogenannte „Entnahmefenster (auch als „Küchenfenster“ bezeichnet) bei aktuellen Diskussionen im Mittelpunkt. Dieses Entnahmefenster wird nach unten vom Mindestmaß und nach oben von einem Maximalmaß begrenzt und erlaubt nur im dazwischenliegenden Längenbereich eine Fischentnahme (Abb. 1).

Theoretische Modellierungen für verschiedene Arten und ein Experiment mit Guppys (*Poecilia reticulata*) in Aquarien kommen zu dem Ergebnis, dass darüber eine weniger schwankungsanfällige Sicherung der Laicherbestandsbiomasse sowie eine natürlichere Altersstruktur mit einem höheren Anteil großer bzw. älterer Fische zu erwarten wären, was langfristig auch in höheren dauerhaft möglichen Fangmengen resultiert (Venturelli, Murphy et al. 2010, Gwinn, Allen et al. 2015, Bond, Arlinghaus et al. 2018). Eine praktische Erprobung der Effekte von Entnahmefenster-Regelungen im Vergleich zu Mindestmaßen in der heimischen Binnenfischerei steht bisher aus. Aber auch international stehen derzeit nur wenige Arbeiten zur Verfügung.

Ungeachtet der bisher ausstehenden Belege für das Eintreten der modellierten Effekte in über Entnahmefenster regulierten Fischereien in der fischereilichen Praxis wird insbesondere in der Anglerschaft intensiv über die Einführung von zusätzlichen Maximalmaßen und damit eine Entnahmefenster-Regulierung als Hegemaßnahme diskutiert bzw. werden solche Regelungen proklamiert und praktiziert. Vor den genannten rechtlichen Hintergründen ist die Einführung eines Maximalmaßes jedoch problematisch, wenn dessen Effekte und eine Notwendigkeit zur Erreichung der Hegeziele nicht belegt werden können. Das gilt ebenso für die genehmigende Behörde von Hegeplänen, die im Genehmigungsverfahren über die Einführung von Maximalmaßen als geeignete und im Einzelfall oder pauschal notwendige Hegemaßnahme entscheiden muss und dafür eine fachliche Grundlage benötigt.

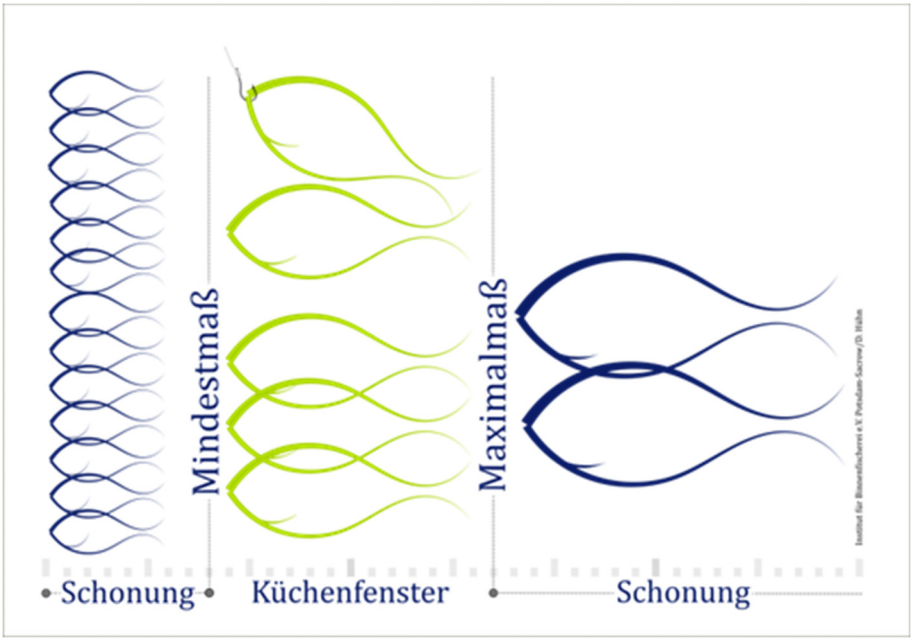

Abb. 1 Schematische Darstellung des sogenannten Küchen- oder Entnahmefensters, dessen Rahmen aus Mindest- und Maximalmaß gebildet wird

In diesem Zusammenhang ist noch einmal zu betonen, dass singuläre Entnahmeregulierungen generell – ob über Mindestmaß, Entnahmefenster oder andere Regularien – bei hohem Befischungsdruck für sich allein genommen nicht *per se* eine ausreichende Absicherung einer nachhaltigen Bestandsbewirtschaftung garantieren. Stattdessen ist eine Kombination mehrerer Maßnahmen wie beispielsweise artenspezifische

Schonzeiten, Lebensraumschutz, Begrenzungen täglicher Entnahmemengen ***und*** Mindestmaße angezeigt, was durch die Regularien in landesrechtlichen Vorschriften vorgegeben ist und von fischereilichen Bewirtschaftern im Rahmen der Hege realisiert und sehr oft durch gewässerspezifische Vorgaben bzw. Maßnahmen ergänzt wird.

2 Ziel des Vorhabens und Aufgabenstellung

Ausgangspunkt und Veranlassung der vorliegenden Machbarkeitsstudie bildet eine Projektskizze für experimentelle Untersuchungen zum nachhaltigen Management von Fischbeständen mit Fokus auf die Effekte von kombinierten Mindest- und Maximalmaßregelungen auf die Bestandsdynamik von anglerischen Hauptzielarten (siehe Anhang 11.1). Diese Skizze war auf Anregung des Landessportfischerverbandes Schleswig-Holstein e. V. (LSFV) und der obersten und oberen Fischereibehörde des Landes Schleswig-Holstein durch das IfB entworfen und mit den genannten Initiatoren im Juni 2018 detailliert besprochen worden. Im Ergebnis wurde deutlich, dass in der Praxis durchzuführende Studien zur Wirkung von Entnahmefenstern dringend benötigt werden. Aufgrund des beabsichtigten integrativen Ansatzes unter direkter Einbeziehung angelfischereilicher Gewässer und Akteure, sehr komplexer Wirkmechanismen von Entnahmeregelungen in Fischartengemeinschaften, der Notwendigkeit eines langen Durchführungszeitraumes, erwartbar hoher Aufwendungen und Kosten sowie vieler gewässer- und artspezifischer Problemstellungen ist eine vorab durchzuführende Machbarkeitsstudie vor einer Beantragung und Aufnahme umfangreicher Untersuchungen sinnvoll und notwendig. Deren Zielstellungen wurden wie folgt definiert:

(1) Durchführung einer umfassenden Recherche in der internationalen Fachliteratur zur Modellierung von Effekten von Mindestmaßen, Maximalmaßen und deren Kombination bei Entnahmefenster-Regulierungen auf verschiedene Bestandsparameter einschließlich dauerhaft erzielbarer Erträge. Die Ergebnisse der Recherche dienen als Grundlage zur Weiterentwicklung der Untersuchungs- wie auch Auswertungsansätze und –methoden.

(2) Das beabsichtigte Projekt soll das Verständnis für wissensbasierte Entscheidungen bzw. Vorgaben/Regelungen im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Fischbeständen im Rahmen der Guten Fachlichen Praxis (GFP) stärken. Daher sollen die Untersuchungen nach den Prinzipien der lernfähigen Hege in Kooperation von Wissenschaft und Praxis durchgeführt werden. Als Hauptkooperationspartner ist der LSFV vorgesehen, dessen über 300 Mitgliedsvereine rund 350 Gewässer bewirtschaften. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie war zu klären, ob eine ausreichende Anzahl an zur Mitwirkung bereiten Vereinen und geeigneten Gewässern unter den Mitgliedsvereinen des LSFV vorhanden sind. Zu diesem Zweck sollten detaillierte Informationen und Abstimmungen mit den bewirtschaftenden Vereinen zu deren Mitwirkung bei den angestrebten experimentellen Untersuchungen stattfinden.

(3) Basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und der Beteiligung der lokalen Angelvereine waren die bereits als Entwurf diskutierten Untersuchungsmöglichkeiten zu konkretisieren. Dabei waren vor allem die Arbeitshypothesen zu prüfen sowie eine Modellfischart für die vorgesehenen Versuche zu identifizieren und Empfehlungen für

mögliche Untersuchungsansätze und –methoden zur Klärung der Effekte eines Entnahmefensters auf die Bestände der Modellfischart unter Praxisbedingungen zu entwickeln.

(4) Die Thematik des Entnahmefensters besitzt weit über die Grenzen Schleswig-Holsteins hinaus Bedeutung. Neben Untersuchungen im Land Schleswig-Holstein sollten ebenfalls Möglichkeiten der Kooperation mit Fischereibehörden, Vereinen und Körperschaften in anderen Bundesländern gesucht werden. Ziele möglicher Kooperationen bestünden in einer Verbesserung der fachlichen Basis des Vorhabens sowie die Aufteilung der finanziellen Mittel, um daraus Synergien zu fördern.

Die Bearbeitung des Projekts war gemäß Antrag vom 15.08.2018 und Zuwendungsbescheid vom 23.01.2019 für den Zeitraum 01.11.2018 bis 31.07.2019 vorgesehen. Allerdings konnte auf Grund der Projektbewilligung im Haushaltsjahr 2019 nicht wie ursprünglich geplant bereits im November 2018 begonnen werden, da zwar eine Genehmigung für den vorzeitigen Projektbeginn vorlag, eine mehrmonatige Vorfinanzierung von Leistungen durch das IfB jedoch nicht leistbar war. Durch die verzögerte aktive Projektbearbeitung wurde mit der Information und Befragung von Angelvereinen später begonnen. Infolge weiterer Abweichungen vom ursprünglichen Zeitplan endete der Durchführungszeitraum für das Vorhaben letztlich am 31.05.2020.

3 Literaturrecherche zum Stand des Wissens

3.1 Methodisches Vorgehen

Um den Stand des Wissens zur Wirkung von Entnahmefenstern auf die Dynamik fischereilich genutzter Bestände zusammenzuführen, wurde eine Recherche in der veröffentlichten Fachliteratur durchgeführt. Dazu wurden Online-Datenbanken sowie die Bibliothek des IfB genutzt. Wissenschaftliche Studien zum Thema wurden in den Online-Datenbanken bzw. -Suchmaschinen „Web of Science“, „Google Scholar“ und „ResearchGate“ sowie über die Suchmaschinen der Fachverlage recherchiert. So wurde zum Beispiel über die Suche auf der AFS-Homepage (https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/) gezielt in Fachjournalen der American Fisheries Society (North American Journal of Fisheries Management, Transactions of the American Fisheries Society oder Fisheries) nach entsprechenden Aufsätzen gesucht. Die Suche in den Online-Suchmaschinen „Google Scholar“ und „ResearchGate“ erfolgte regelmäßig während der Projektlaufzeit. Die Abfragen in der Literaturdatenbank „Web of Science“ (Core Collection) erfolgte am 19.03.2019 in der Universitätsbibliothek der Universität Potsdam. Für alle Recherchen wurden als Suchkriterien die Begriffe bzw. Verknüpfungen der Begriffe „fish*“, „recreational fish*“, „management“, „regulation“, „harvest”, „length limit“, „size limit“, „minimum size”, „maximum size”, „harvest slot“, „harvest window“, „harvestable slot length limit“, „kitchen window”, „size selectivity“, „slot length”, „maternal effects”, „Boffff” (“big old fat fecund female fish”), „Küchenfenster”, „Entnahmefenster”, „Mindestmaß*”, „Maximalmaß*”, „Schonmaß*” und „Entnahme*“ verwendet. Darüber hinaus wurden den

Literaturverzeichnissen der publizierten Aufsätze sowie Überblicksarbeiten (z. B. Arlinghaus, Alós et al. 2016, Arlinghaus, Alós et al. 2018) weitere Fachpublikationen entnommen.

Die Ergebnisse der Recherchen wurden gesichtet. Für die Fragestellung relevante Veröffentlichungen werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

3.2 Überblick zur recherchierten Literatur

Im Ergebnis der Literaturrecherche wurden insgesamt achtzehn wissenschaftliche Originalpublikationen zusammengetragen. Darüber hinaus wurden eine Posterpräsentation (Bond, Arlinghaus et al. 2016) sowie ein Fachvortrag (Bond, Arlinghaus et al. 2018) über einen Laborversuch mit Guppys (*Poecilia reticulata*) berücksichtigt. Die vollständigen Daten dieses Laborversuches standen zum Zeitpunkt der Literaturrecherche nach Angaben des Autors (mdl. Mitteilung M. Bond) noch nicht zur Verfügung, da sich die Daten im Rahmen einer Dissertationsschrift sowie in Fachpublikationen in der Begutachtung befinden.

Unter den verfügbaren achtzehn Fachpublikationen beruhen sechzehn Studien auf virtuellen Modellierungen von Fischpopulationen und deren Reaktionen auf verschiedene Schonbestimmungen (z. B. Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, Koehn and Todd 2012, Gwinn, Allen et al. 2015, Lenker, Weidel et al. 2016, Vainikka, Olin et al. 2017, Moreau and Matthias 2018, Ayllón, Nicola et al. 2019, Ahrens, Allen et al. 2020) (Tab. 2). Neben der Laborstudie von Bond, Arlinghaus et al. (2018) wurden eine Fallstudie (Koupal, Katt et al. 2015) und ein replizierter Versuch (Tiainen, Olin et al. 2017) zum Entnahmefenster publiziert (Tab. 2). Für alle Publikationen sind die Zusammenfassungen (Abstracts) im Anhang der vorliegenden Machbarkeitsstudie dargestellt.

Bei der Betrachtung der Publikationsjahre der verfügbaren Studien wird deutlich, dass die Forschung zum Entnahmefenster hauptsächlich in den vergangenen 10 bis 15 Jahren erfolgte. Nach Kenntnis der Autoren wurde das Entnahmefenster in der Literatur erstmals als Schonbestimmung für Löffelstör (*Polyodon spathula*) in einer Veröffentlichung von Scarnecchia, Gengerke et al. (1989) in der Anwendung beschrieben (für Details siehe Kurzdarstellung im Anhang). Da diese Art durch eine sehr spezielle Autökologie und lebensgeschichtliche Merkmale (im Folgenden Life-History-Traits, LHT) gekennzeichnet ist und in Deutschland nicht vorkommt, wird die erwähnte Veröffentlichung nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

Die Modellierungsarbeiten beschreiben die Effekte teilweise explizit für bestimmte Fischarten oder aber auch für verschiedene LHT von Artengruppen (Gwinn, Allen et al. 2015, Ahrens, Allen et al. 2020). Unter den explizit modellierten Populationen von Fischarten finden sich Bachforelle (*Salmo trutta*) (Clark, Alexander et al. 1980, Nordwall, Lundberg et al. 2000, Ayllón, Nicola et al. 2019), Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis*) (Clark, Alexander et al. 1980, Jensen 1981), Hecht (*Esox lucius*) (Arlinghaus, Matsumura et al. 2010), Regenbogenforelle (*Onchorhynchus mykiss*) (García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. 2011), Zander (*Sander lucioperca*) (Vainikka, Olin et al. 2017), Amerikanischer Zander (*Sander vitreus*) (Venturelli, Murphy et al. 2010, Moreau and Matthias 2018), Amerikanische Seeforelle (*Salvelinus manaycush*) (Lenker, Weidel et al. 2016), Murray-Dorsch (*Maccullochella peelii*) (Koehn and Todd 2012) und marine Fischarten (Law, Plank et al. 2012, Le Bris, Pershing et al. 2015).

Die veröffentlichte Fallstudie wurde zum Amerikanischen Zander durchgeführt (Koupal, Katt et al. 2015). Die einzige uns bekannte replizierte Freilandstudie aus Finnland (Tiainen, Olin et al. 2017) untersuchte die Wirkung von Mindestmaß- und Entnahmefenster-Regelung auf Bestände des Hechtes.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die aus der Literaturrecherche im Einzelnen gewonnen Erkenntnisse untergliedert nach Ansätzen von Schonmaßen, Ergebnissen theoretischer Modellierungen sowie Ergebnissen von Labor- und Feldversuchen dargestellt.

3.3 Schonmaße zur Regulierung der Entnahme von Fischen

Eine Regulierung der Entnahme von Fischen über die Einengung von erlaubten Größen (-bereichen) ist ein traditionelles und in sehr vielen Fischereien etabliertes Werkzeug zur Verringerung der Gefahr der Überfischung von Beständen sowie zumindest teilweise auch zur Unterstützung einer langfristigen Ertragsmaximierung. In der Literatur werden neben dem Mindest- und Maximalmaß auch das Entnahmefenster (eine Kombinationen aus Mindest- und Maximalmaß) und das Zwischenschonmaß aufgeführt (vgl. Noble and Jones 1999).

Mindestmaß (minimum length - oder minimum size limit)

Neben Schonzeiten und ggf. Schongebieten stellen artspezifische Mindestmaße das Hauptinstrument entnahmeorientierter Management- und Hegemaßnahmen in der deutschen Binnenfischerei dar. Diese basieren auf dem sogenannten „spawn-at-least-once“ Grundsatz: Das Mindestmaß wird so hoch angesetzt, dass eine fischereiliche Mortalität erst nach der ersten Vermehrungssaison einer Kohorte einsetzt und so jedem Individuum zumindest theoretisch die Möglichkeit einer Reproduktion vor der Entnahme gegeben wird. Exemplarische Untersuchungen wie auch langjährige Erfahrungen aus verschiedenen Fischereien belegen, dass dieser Ansatz bis in Bereiche hoher Fischereiintensitäten geeignet ist, das Risiko einer Rekrutierungsüberfischung zu minimieren und damit eine Mindestforderung der fischereilichen Hege sowie der GFP zu erfüllen (Vasilakopoulos, O'neill et al. 2011, Allen, Ahrens et al. 2013, Johnston, Arlinghaus et al. 2013).

Maximalmaß (maximum length - oder maximum size limit)

Mit der Festlegung eines Maximalmaßes werden Fische oberhalb einer Größengrenze von der fischereilichen Entnahme ausgeschlossen. Diese Regelung hat zum Ziel, die Alters- und Größenstruktur bewirtschafteter Fischbestände zu erweitern. Dabei steht insbesondere eine Erhöhung der Frequenz älterer/größerer Fische in befischten Beständen im Fokus. In der Angelfischerei steigert insbesondere bei entnahmeorientierten Anglern der Fang von großen Exemplaren signifikant die Zufriedenheit (z. B. Ensinger, Brämick et al. (2016). Bedeutsamer ist darüber hinaus vor allem die Bedeutung älterer und größerer Laichfische für den Rekrutierungserfolg von Beständen. In der Literatur finden sich sowohl modellierte als auch in Studien belegte Ergebnisse, wonach diese Fische eine höhere absolute und relative Fruchtbarkeit besitzen, größere Larven hervorbringen und eine verlängerte

Fortpflanzungssaison besitzen (z. B. Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, Venturelli, Murphy et al. 2010, Hixon, Johnson et al. 2013). Maximalmaße werden in Amerika häufig eingesetzt, um Laichfischbestände zu schonen (z. B. Hecht, Pierce (2010); Amerikanischer Zander, Brousseau and Armstrong (1987)).

Entnahmefenster und Zwischenschonmaß

Die beiden Regelungen Entnahmefenster (harvestable slot length, harvest/kitchen window) und Zwischenschonmaß (slot length, slot limit, protected oder reversed slot) (Anderson 1974, Anderson 1976) stellen eine Kombination aus Mindest-und Maximalmaß dar. Beispiele für das Zwischenschonmaß beim Hecht werden von Pierce (2010) gegeben. In der englischsprachigen Literatur erfolgt häufig keine konsistente Verwendung der Bezeichnungen von Zwischenschonmaß und Entnahmefenster, weshalb eine sorgsame Prüfung der genannten Schonbestimmung in jeder Publikation notwendig war.

Das Zwischenschonmaß schont den Mittelbau, also die mittleren Längen- und Altersklassen, der bewirtschafteten Fischpopulation. Jungfische bis zum Schonmaß sowie alte und große Fische über dem Schonmaß dürfen der Population entnommen werden. Hierbei wird primär die Jugendklasse ausgedünnt, damit gutes Wachstum im Mittelbau gefördert wird, um einen guten nutzbaren Bestand großer Fische zu generieren. Gleichzeitig entsteht eine diverse Alters- und Längenstruktur.

Das Entnahmefenster, welches durch Mindest- und Maximalmaß gebildet wird, stellt das Gegenteil des Zwischenschonmaßes dar. Beim Entnahmefenster wird die fischereiliche Nutzung auf den Mittelbau des Bestandes verlagert. Durch das Mindestmaß geschonte Jungfische und durch das Maximalmaß geschonte alte und große Fische dürfen dem Bestand nicht entnommen werden.

Die Grundidee über die Wirkmechanismen des Entnahmefensters beschreiben Arlinghaus, Alós et al. (2016) am Beispiel des Hechtes. Dabei können unter der Bewirtschaftung nach Entnahmefenster-Regelungen alte, große und sehr fruchtbare Laichfische, die nur in geringer Stückzahl in nach Mindestmaß befischten Beständen vorkommen, eine Vielzahl vitaler Eier bereitstellen. Bedingt durch eine starke Entnahme der mittleren Längen- und Altersklassen wird der Kannibalismus im Vergleich zu nicht befischten Beständen reduziert und die Rekrutierung gefördert. Da die Wirkung und Ziele von Entnahmefenster-Regelungen zentraler Bestandteil des vorliegenden Projektberichtes sind, wird im Folgenden im Detail darauf eingegangen.

3.4 Ergebnisse theoretischer Modellierungen

Modelle stellen ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit dar und dienen als Hilfsmittel zur theoretischen Analyse von meist komplexen und in der Realität und im Labor schwierig und oft nur in Teilen zu erfassenden Problemen und Situationen. Diese Möglichkeit nutzt man ebenfalls in der Fischereiforschung, um zum Beispiel die Reaktion eines Fischbestandes auf einen bestimmten Einfluss abzuschätzen. Betrachtungsebene ist dabei stets eine Population einer Art, also z. B. der Zanderbestand in einem bestimmten See. Wechselwirkungen mit und zwischen Populationen anderer Arten im betrachteten Gewässer werden dabei in

klassischen Modellierungsansätzen ausgeblendet, da die resultierende Komplexität sowie temporäre und lokale Einflüsse in ihrer Vielzahl und Änderungsgeschwindigkeit darin nicht abbildbar sind. Im Zusammenhang mit der Wirkung von Entnahmeregelungen auf die Dynamik von genutzten Fischbeständen werden bei aktuellen Modellierungen überwiegend sogenannte alters- und größenstrukturierte Populationsmodelle verwendet (z. B. Gwinn, Allen et al. 2015, Vainikka, Olin et al. 2017, Ahrens, Allen et al. 2020). Oft wurden dabei Entnahmefenster und eine „klassische“ Bewirtschaftung nach Mindestmaß gegenübergestellt.

3.4.1 Zielgrößen bei Modellierungen

In den meisten Arbeiten stellen Biomasseertrag, Fangrate (Anzahl der Fische im Fang), Anzahl entnehmbarer Fische im Bestand sowie Alters- und Längenstruktur die abhängigen Variablen in den Modellierungen und damit die Ziel- bzw. Messgrößen der Vergleiche dar.

So nutzten beispielsweise Ahrens, Allen et al. (2020) ein altersbasiertes Modell, um herauszufinden, welche Entnahmebestimmungen für die genannten Zielgrößen am geeignetsten sind. Die Grundkonzepte der Modellierungen waren die Integration von dichteabhängigem Wachstum und größenabhängiger Sterblichkeit in Populationen, die einer Laicherbestands-Rekruten-Beziehung entweder nach Beverton-Holt (typische Friedfischbestände wie Cypriniden) oder Ricker (typische Raubfischbestände wie Hecht, Zander, Bachforelle) folgten. Die Ergebnisse zeigten mit Ausnahme der Maximierung des Biomasseertrags, dass das Entnahmefenster gegenüber einem Mindestmaß die Anzahl entnehmbarer Fische, die Fangrate und auch den Fang von großen Fischen oberhalb des Maximalmaßes (die entsprechend zurückzusetzen sind) erhöht. Die Maximierung des Biomasseertrags wird unter der Anwendung eines Mindestmaßes erreicht. Aus den Ergebnissen wird jedoch ebenfalls deutlich, dass die Fangrate und die Anzahl großer Fische ohne jegliche Entnahme das Maximum erreichen würden. Ebenfalls ist eine Entnahmefenster-Regelung dem Mindestmaß für Raub- und Friedfische überlegen, wenn ein Kompromiss zwischen verschiedenen Zielen erreicht werden soll. Zuletzt betonen die Autoren, dass die Ausprägung der Ergebnisse stark von der lokalen fischereilichen Sterblichkeit abhängt.

Auch Gwinn, Allen et al. (2015) zeigten durch Modellierungen über verschiedene Fischereiintensitäten, LHT (langlebige, wenig produktive sowie kurzlebige, hoch produktive Arten) und fischereiliche Zielsetzungen, dass Entnahmefenster- und Mindestmaß-Regelungen gute Kompromisse zwischen den Zielgrößen Ertrag, Anzahl entnehmbarer Fische, Fang von großen Fischen sowie dem Schutz der Laicherbiomasse darstellen können. So produzierten Populationen in Modellen unter einer Entnahmefenster-Regelung eine größere Anzahl entnehmbarer Fische und ermöglichten den Fang (mit anschließendem Zurücksetzen bei Überschreitung des Maximalmaßes) von mehr großen Fischen bei gleichzeitigem Schutz der Laichfischbiomasse und dem Erhalt einer naturnahen, das heißt mehr Jahrgänge umfassenden und in der Frequenz mit dem Alter weniger stark abfallenden Altersklassenstruktur. Gegenüber der Mindestmaß-Regelung fiel unter der Entnahmefenster-Regelung der modellierte Biomasseertrag (Biomasse der gefangenen und entnehmbaren Fische) niedriger aus, was auf die Pflicht zum Zurücksetzen von Fischen oberhalb des Maximalmaßes zurückzuführen ist.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass der modellierte Effekt von Schonbestimmungen in Abhängigkeit von den betrachteten Zielgrößen stark variiert und sich insbesondere im Hinblick auf Ertragssteigerung (Biomasse) und Qualitätsparameter wie z. B. die Anzahl großer Fische im Bestand widersprechen kann. Daher ist bei der Ableitung von Empfehlungen, aber auch bei der Durchführung von Studien in der Praxis eine klare Definition von Zielgrößen essentiell.

3.4.2 Arten und Familien

3.4.2.1 Salmoniden

Die ersten theoretischen Modelle wurden von Clark, Alexander et al. (1980) und Jensen (1981) entwickelt und auf die Betrachtung von Fischereien auf Bachforelle und Bachsaibling angewendet. Als Ergebnis beschrieb Jensen (1981), dass durch die Entnahmefenster-Regelung der Fang großer Bachsaiblinge leicht gesteigert werden konnte, ohne dass dies in einem bedeutenden Rückgang des Gesamtfanges resultierte.

Für Salmoniden gibt es auch eine höhere Anzahl aktueller Modellierungsstudien zur Abschätzung der Effekte von Entnahmefenster-Regelungen, so z. B. für Bachforellen (Nordwall, Lundberg et al. 2000, Ayllón, Nicola et al. 2019), anadrome Regenbogenforellen (García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. 2011) und Amerikanische Seeforellen (Lenker, Weidel et al. 2016). Die Modellierung von Ayllón, Nicola et al. (2019) testete die Effekte von drei Schonmaßen, Mindestmaß, Maximalmaß und Entnahmefenster auf nordspanische Bachforellenbestände. Im Ergebnis stellen die Autoren fest, dass hinsichtlich der Fischereiqualität (d. h. höherer Biomasseertrag und größere entnommene Fische) die Mindestmaß-Regelung einer Entnahmefenster-Regelung überlegen ist. Jedoch stellte sich die Entnahmefenster-Regelung im Modell als geeignetste Maßnahme zum Erhalt einer naturnahen Alters- und Größenklassenverteilung und eines hohen reproduktiven Potenzials des Bestandes durch eine hohe Laicherbiomasse und hohe Fruchtbarkeit der großen Laichfische heraus. Die Unterschiede zwischen Mindestmaß- und Entnahmefenster-Regelung variierten stark in Abhängig von der Höhe der durch den vorangegangenen Fang induzierten Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen (sogenannte Haksterblichkeit).

Modellierungen von Nordwall, Lundberg et al. (2000) stellen für Bachforellenbestände unter Bedingungen dichteabhängiger Bestandsgrößen fest, dass durch die Schonung von kleinen und großen Fischen (Entnahmefenster) die durchschnittliche Größe der Fische im Bestand zunimmt. Unter hoher Fischereiintensität spielt das untere Maß des Entnahmefensters (Mindestmaß) eine entscheidende Rolle für die Bestandsgröße und den zu erzielenden Ertrag. In Einklang mit den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Ergebnissen (Gwinn, Allen et al. 2015, Ahrens, Allen et al. 2020) kommen Nordwall, Lundberg et al. (2000) bei ihren Modellierungen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass durch die Schonung der großen Fische der Biomasseertrag gegenüber einer Mindestmaßregelung geringer ausfällt.

Geringe Biomasseerträge, aber hohe Fangraten geben Lenker, Weidel et al. (2016) für Amerikanische Seesaiblinge durch die modellierte Schonung großer Fische an. Alleinige Mindestmaßregelungen führten demgegenüber zu hohen Biomasseerträgen, reduzierten aber die Bestandsgröße und somit auch die angelfischereilichen Fangraten.

Für anadrome Regenbogenforellen kamen Modellierungen von García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. (2011) zu dem Ergebnis, dass ein Mindestmaß am besten zum Erhalt der

Bestandsgröße geeignet ist. Sollen jedoch große Fische geschont werden, sind Maximalmaße bzw. Entnahmefenster-Regelungen zu empfehlen.

3.4.2.2 Perciden

Basierend auf Daten von Zandern aus sechs finnischen Seen modellierten (Vainikka, Olin et al. 2017) die Effekte verschiedener Schonmaße sowie deren Kombination (Entnahmefenster). Die Ergebnisse zeigten, dass die Anzahl großer Zander durch eine Mindestmaß-Regulierung nicht gesteigert werden konnte und es infolge hoher fischereilicher Sterblichkeit zu einer Einengung der Altersstruktur kam. Dabei wurde eine hohe Anzahl untermaßiger Fische gegenüber den entnehmbaren Größenklassen beobachtet. Für die modellierten Bestände konnte durch eine Entnahmefenster-Regulierung (42 und 62 cm) keine Maximierung des Ertrages festgestellt werden. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass das Mindestmaß zur Sicherstellung hoher Erträge für Populationen mit unterschiedlichem Wachstumspotenzial unterschiedlich ausfallen muss. Eine gewässerspezifische Festlegung der Schonbestimmungen wird empfohlen. Den geringen Erfolg einer Entnahmefenster-Regelung in den simulierten Fischereien führen die Autoren auf die vorherrschende hohe fischereiliche Sterblichkeit zurück. Diese verwehrt den Fischen in den meisten Gewässern ein Wachstum über das Entnahmefenster hinaus und eine daraus resultierende Schonung als großer (älterer) Fisch.

Im Gegensatz zu Vainikka, Olin et al. (2017) konnten Modellierungen von Moreau and Matthias (2018) für überfischte Bestände des Amerikanischen Zanders zeigen, dass eine Entnahmefenster-Regelung vor Überfischung der Bestände schützen kann. Moreau and Matthias (2018) integrieren zusätzlich zu den Schonmaßen verschiedene Entnahmebeschränkungen in ihren Modellen. Im Ergebnis nimmt die Größe des Entnahmefensters bzw. die Höhe des Mindestmaßes mit zunehmender Anzahl an täglich zulässigen Fischentnahmen zu. Für den Erhalt des Laichfischbestandes wirkt ein Entnahmefenster von 32 bis 59 cm bei einer möglichen Entnahme von einem Fisch in vergleichbarer Weise wie ein Entnahmefenster von 32 – 46 cm und einer Entnahme von bis zu 6 Fischen.

Dass der Schutz des Bestandes alter und großer Laichfische zu einer gesteigerten Rekrutierung führt, zeigten Venturelli, Murphy et al. (2010) am Beispiel des Amerikanischen Zanders. In Teichversuchen belegten die Autoren einen positiven Zusammenhang zwischen Eigröße und Überleben der Jungzander. Auch nahm die Eigröße mit dem Alter der Laicher zu. Basierend auf diesen Daten zeigten anschließende Modellierungen, dass durch ein Entnahmefenster die Rekrutierung des Bestandes im Vergleich zu reinen Mindest- oder Maximalmaßregelungen maximiert wird (Venturelli, Murphy et al. 2010). Dabei war das Entnahmefenster so angepasst worden, dass nur Zander der Altersgruppen 2+ bis 4+ entnommen werden konnten.

3.4.2.3 Esociden

Arlinghaus, Matsumura et al. (2010) modellierten für den Hecht die Wirkung von Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen. Die Ergebnisse einer altersgruppenstrukturierten Populationsmodellierung zeigten, dass eine Entnahmefenster-Regelung unter hoher Befischungsintensität ein geeignetes Instrument zum Erhalt großer

und alter Laichfische darstellen kann. Gegenüber einer Mindestmaßregelung lassen Entnahmefenster-Regelungen hohe Fangraten von großen Fischen sowie relativ konstante Erträge von mittelgroßen Hechten erwarten. Aus ihren Modellergebnissen schlussfolgern Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), dass zum Erhalt von Hechtpopulationen und großen Fischen in den Beständen sowie gleichzeitiger Steigerung der numerischen fischereilichen Entnahme ein Entnahmefenster zwischen 45 und 68 cm einem Mindestmaß von 45 cm überlegen ist.

3.4.2.4 Weitere Fischarten

Auch für Bestände des in Australien beheimateten räuberischen Murray-Dorschs wurden verschiedene Schonbestimmungen modelliert (Koehn and Todd 2012). Dabei wurden Mindestmaß- und Entnahmefenster-Regelungen auf ihr Potenzial zur Verhinderung von Bestandsrückgängen verglichen. Die Autoren konnten feststellen, dass durch Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen das Risiko für einen Bestandsrückgang reduziert und Fangraten für Murray-Dorsche gesteigert werden können.

Auch für marine Arten wird das Konzept von Mindestmaß-Regelungen (Schonung ausschließlich von Jungfischen und hohe fischereiliche Sterblichkeit großer und alter Fische) in Frage gestellt (Law, Plank et al. 2012, Le Bris, Pershing et al. 2015). Durch die starke Entnahme wird die Alters- und Größenstruktur reduziert und die Widerstandsfähigkeit der Bestände negativ beeinträchtigt. Für Dorschbestände schlussfolgerten Le Bris, Pershing et al. (2015) aus Modellierungen, dass durch den Schutz großer Laichfische die Widerstandsfähigkeit der Bestände bei hohem Fischereidruck gefördert werden kann und gleichzeitig das reproduktive Potenzial der Bestände erhalten bleibt, wodurch nicht zuletzt Rekrutierungsüberfischung verhindert werden könne.

Zusammenfassend stehen im Moment relativ wenige Studien über die Effekte von Entnahmefenster-Regelungen zur Verfügung. In der verfügbaren Literatur wurden bisher hauptsächlich Raubfischarten mit hohem fischereilichen Wert berücksichtigt. Bereits aus diesem Überblick über das Ergebnis der Literaturrecherche wird deutlich, dass der Stand des heutigen Wissens primär auf virtuellen Bestandsmodellen für singulär betrachtete Arten beruht und Labor- bzw. Feldstudien, die die Modellergebnisse unter realen Bedingungen in Fischartengemeinschaften mit komplexen zwischenartlichen Wechselwirkungen testen, rar sind. Aus diesem Grund sind weitere Untersuchungen der Effekte von Entnahmefenster-Regelungen auf Fischbestände in Feldversuchen notwendig.

Insgesamt können den Modellierungsarbeiten weitgehend übereinstimmende Ergebnisse entnommen werden. Stehen die Maximierung des Biomasseertrages sowie die Vermeidung von Rekrutierungs- und Wachstumsüberfischung im Vordergrund, stellen Mindestmaße eine geeignete Maßnahme dar. Für den Erhalt großer Fische in Beständen mit naturnahen Alters- und Längenverteilungen und Bereitstellung von Beständen mit einer Vielzahl entnehmbarer Fische ist ein Entnahmefenster besser geeignet. Einen Überblick über die Wirkung von Mindestmaßen und Entnahmefenstern beim Hecht auf Basis der aktuellen Literatur gibt Tabelle 1.

Tab. 1 Überblick über die Wirkung von Mindestmaßen und Entnahmefenstern beim Hecht auf Basis der aktuellen Literatur nach Arlinghaus, Alós et al. (2016) und Arlinghaus, Alós et al. (2018)

Maßstab	Mindestmaß	Entnahmefenster	Referenz
Rekrutierungs-überfischung vermeiden	geeignet	geeignet	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Tiainen, Olin et al. (2014), Tiainen, Olin et al. (2017)
Wachstums-überfischung vermeiden	geeignet, sofern die fischereiliche Sterblichkeit nicht zu hoch und die Höhe des Mindestmaßes geeignet gewählt ist	geeignet, sofern die fischereiliche Sterblichkeit nicht zu hoch ist und das Mindest- und Maximalmaß geeignet gewählt wurden	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010)
Größen-überfischung vermeiden	ungeeignet	geeignet	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Pierce (2010), Tiainen, Olin et al. (2014), Tiainen, Olin et al. (2017)
Fischerei-indizierte Evolution	scharfe fischereiliche Entnahme am Mindestmaß fördert langsamwüchsige Individuen und führt zu Ertragseinbußen	verteilte Entnahme fördert schnelles Wachstum, erhält Merkmalsvarianz und fördert Ertrag	Edeline, Le Rouzic et al. (2009), Matsumura, Arlinghaus et al. (2011)
Erhalt natürlicher Altersstrukturen	ungeeignet, führt zu starker Verjüngung	geeignet, relative Abundanz großer Fische bleibt t erhalten	Francis, Hixon et al. (2007), Le Bris, Pershing et al. (2015), Tiainen, Olin et al. (2014), Carlson (2016), Tiainen, Olin et al. (2017)
Bestands-erholung nach Überfischung	rasch, da Bestände aus schnellwüchsigen jungen Fische bestehen	langsamer, weil natürliche Altersstrukturen bestehen	Le Bris, Pershing et al. (2015)
Pufferkapazität (Resilienz) der Bestände	gering, starke Schwan-kungen zwischen den Jahren	sehr hoch, da die breite Altersstruktur die Pufferkapazität erhöht	Le Bris, Pershing et al. (2015)
Numerischer Ertrag	mittel	hoch	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Gwinn, Allen et al. (2015), Ahrens, Allen et al. (2020)
Biomasseertrag	hoch, bei hohem Mindest-maß	hoch, sofern zwischen Mindest- und Maximalmaß scharf befischt wird	Gwinn, Allen et al. (2015), Ahrens, Allen et al. (2020)
Fang besonders großer Ausnahme-fische	sehr gering	hoch	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Tiainen, Olin et al. (2014), Carlson (2016), Tiainen et al. (2017), Ahrens, Allen et al. (2020)
Entnahme-effizienz	gering, insbesondere bei hohem Mindestmaß	hoch, da die besonders rasch wachsenden mittleren Altersklassen entnommen werden	Arlinghaus, Matsumura et al. (2010)
Handlungs-empfehlung	Mindestmaß sollte Länge der Fische zur Geschlechts-reife übersteigen, um Rekrutierungsüberfischung zu vermeiden	Mindestmaß sollte Länge der Fische zur Geschlechts-reife übersteigen und Maximalmaß sollte 2/3 der Maximallänge L_{inf} betragen	Gwinn, Allen et al. (2015)

3.5 Ergebnisse von Labor- und Feldversuchen

Eine Laborstudie mit Guppys zu Effekten von Entnahmefenster- und Mindestmaß-Regelungen bei der Entnahme von Fischen wurde von Bond, Arlinghaus et al. (2016) durchgeführt. Als Reaktion auf die simulierten Befischungen waren sowohl bei einer Regulierung über das Mindestmaß als auch über ein Entnahmefenster Reduzierungen der Bestandsgröße hinsichtlich der Anzahl der Individuen und Biomasse zu beobachten. Dabei waren die Reduzierungen in den nach Mindestmaß befischten Beständen gegenüber der nicht befischten Kontrolle deutlich stärker ausgeprägt als in den Beständen, die nach Entnahmefenster befischt wurden. Somit zeigte dieser Laborversuch mit Guppys, dass die Bestandsgröße durch eine Bewirtschaftung mit einem Entnahmefenster weniger reduziert wird als durch eine Bewirtschaftung nach Mindestmaß.

Darüber hinaus konnten gegenüber der Mindestmaß-Regelung durch die Entnahmefenster-Regelung höhere Biomasseerträge generiert werden. Auch wurden in den nach Entnahmefenster-Regelung befischten Beständen eine naturnahe Größenstruktur sowie eine gegenüber der Mindestmaß-Regelung gesteigerte Laicherbestandsbiomasse nachgewiesen. In einer weiterführenden Auswertung der Laborversuche (Bond, Arlinghaus et al. 2018) wurden durch die Bewirtschaftung nach Mindestmaß gegenüber der Bewirtschaftung nach Entnahmefenster und Kontrollgruppe eine signifikante geringere Größe der Larven beim Schlupf sowie eine geringere Größe zur Geschlechtsreife festgestellt.

Eine Fallstudie zur Reaktion eines Bestandes des Amerikanischen Zanders nach der Einführung eines Entnahmefensters wurde von Koupal, Katt et al. (2015) veröffentlicht. Der Zanderbestand in einem großen Stausee in Nebraska wurde durch ein Mindestmaß von 46 cm bewirtschaftet. In der Fallstudie werden Parameter des Zanderbestandes in den Jahren vor und nach der Einführung eines Entnahmefensters von 38 bis 51 cm verglichen. Nach der Einführung der Entnahmefenster-Regelung hat sich die relative Abundanz (CPUE, Einheitsfang: Fische pro Stellnetznacht) der Rogner mehr als verdoppelt. Dabei hat sich die Längenverteilung der geschlechtsreifen Rogner und Milchner im Vergleich zur Bewirtschaftung nach Mindestmaß kaum verändert. Trotz vergleichbarer Größenstruktur nach der Einführung der Entnahmefenster-Regelung hat sich die Spannweite der Längenklassen bei Rognern aufgeweitet und es wurden häufiger Fische mit geringen Totallängen in der Größenstruktur nachgewiesen. Auch die Fänge der Angler haben sich nach der Einführung des Entnahmefensters nicht verändert. Allerdings stieg die Anzahl der entnommenen Zander durch Angler um 130 %, was bei konstanten Fängen und einer Begrenzung der maximal zulässigen Entnahmegröße wenig plausibel erscheint. Die Autoren schlussfolgern, dass durch das Entnahmefenster der weibliche Laichfischbestand geschont wird, ohne dabei die Qualität der Angelfischerei zu mindern. Allerdings betrachtet die Fallstudie lediglich einen Zeitraum von 6 Jahren nach Einführung der Entnahmefenster-Regelung, weshalb Koupal, Katt et al. (2015) weiteren Monitoringbedarf einräumen. Dabei müsste überprüft werden, ob der geschonte Laichfischbestand auch langfristig die Rekrutierung der entnehmbaren Größenklassen in beobachtetem Ausmaß gewährleisten kann.

Als einzige bekannte europäische Freilandstudie zum Thema soll die Studie von Tiainen, Olin et al. (2017) an dieser Stelle etwas detaillierter dargestellt werden. In dieser Studie

erfolgten in vier nicht befischten kleinen nährstoffarmen finnischen Seen Entnahmen der Hechte nach einem Mindestmaß von 40 cm bzw. in einem Entnahmefenster von 40 bis 64,9 cm über einen Zeitraum von fünf Jahren.

Die Hechtbestände reagierten unter der Mindestmaß-Regelung mit einer signifikanten Reduzierung der Bestandsbiomasse und einer rückläufigen Bestandsdichte. Im Gegensatz dazu wurden weder Dichte noch Biomasse der Hechtbestände unter der Entnahmefenster-Regelung signifikant reduziert. Aus der rückläufigen Bestandsgröße unter Mindestmaß-Regelung resultierte ein kontinuierlicher Rückgang der Erträge, während die Erträge unter der Entnahmefenster-Regelung fluktuierten oder aber stabil blieben. Auch zeigten die Bestände unter Mindestmaß-Regelung eine reduzierte mittlere Totallänge, während durch die Schonung der großen Fische keine Änderung der mittleren Totallänge durch die Entnahmefenster-Regelung beobachtet wurde. In den Seen unter Entnahmefenster-Regelung stellten zurückgesetzte große Hechte (>65 cm) einen bedeutenden Teil der Bestandsbiomasse dar. Dagegen verschwanden innerhalb von wenigen Jahren die großen Hechte in den beiden Seen, in denen die Entnahme nach dem Mindestmaß erfolgte (Abb. 2). Als Folge wurde in einem der Seen eine Dominanz kleiner Hechte mit einer Totallänge unter 45 cm festgestellt. In den Seen mit Entnahmefenster-Regelung konnten keine Veränderungen der Längenklassenverteilung in den Beständen beobachtet werden. Ähnlich den Änderungen der mittleren Totallängen waren die Hechte durch die Entnahme nach Mindestmaß im Durchschnitt jünger. Diese Verjüngung wurde durch die Entnahmefenster-Regelung nicht verursacht. Der Anteil der entnehmbaren Fische (40 – 64,9 cm Totallänge) variierte innerhalb der Versuchsgewässer, war jedoch vergleichbar zwischen Seen mit einer Entnahme nach Mindestmaß und Entnahmefenster. Auch zeigten die finnischen Hechtbestände keine Änderungen des Geschlechterverhältnisses während der Versuchslaufzeit. Die ausbleibende Steigerung des Anteils entnehmbarer Fische (vgl. Ahrens, Allen et al. 2020) sowie die Änderung des Geschlechterverhältnisses unter der Entnahme nach Entnahmefenster könnten möglicherweise auf das sehr geringe Wachstum der finnischen Hechtbestände zurückgeführt werden.

Durch das Entnahmefenster als Schonbestimmung wurden in den Beständen große Fische geschont und waren in ihrer Häufigkeit vergleichbar mit den unbefischten Beständen vor Versuchsbeginn. Die Ergebnisse von Tiainen, Olin et al. (2017) zeigten, dass trotz verringerter Durchschnittslänge und –alter, dem Verschwinden großer Hechte und der Verringerung der Größenstruktur in den Seen unter Mindestmaß-Regelung die Veränderung in der Längenverteilung deutlicher ausgeprägt war als in der Altersverteilung.

Zusammenfassend können die verfügbaren Versuche in der fischereilichen Praxis die Ergebnisse der Modellierungen in der Gesamtheit belegen. Jedoch ist dabei zu beachten, dass die verfügbaren Freilanduntersuchungen lediglich eine Fallstudie (Koupal, Katt et al. 2015) sowie den Versuch von Tiainen, Olin et al. (2017) umfassen. Beiden Studien fehlt es an wirklichen Kontrollen sowie notwendigen Replikaten, um die Ergebnisse gegen zufällige bzw. gewässerspezifische Beobachtungen abzusichern. Darüber hinaus erfolgten die Beobachtungen der Änderungen der Zielfischbestände über wenige Jahre, weshalb die langfristigen Entwicklungen von Entnahmefenster-Regelungen aus diesen ersten Studien nicht ableitbar sind (vgl. Koupal, Katt et al. 2015). Dazu sind langjährige Studien über mehrere Generationen der Zielfischart notwendig.

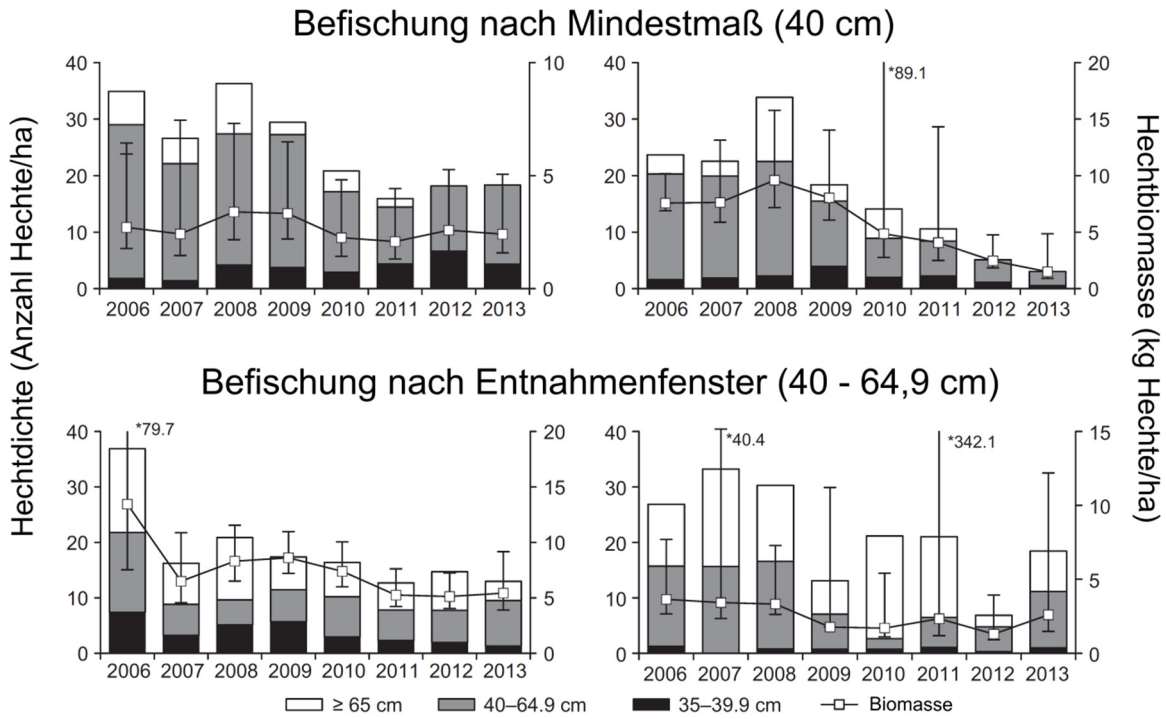

Abb. 2 Hechtbestandsschätzungen (Dichte, mit 95 % Vertrauensintervall) und Bestandsbiomassen der Längenklassen 35 - 39,9 cm, 40 - 64,9 cm und ≥ 65 cm in Jahren vor (2006 und 2007) sowie nach der Einführung (2008-2012) einer Mindestmaßregelung (Mindestmaß = 40 cm; die oberen beiden Seen) bzw. einer Entnahmefensterregelung (Entnahmefenster 40 - 64,9 cm; die unteren beiden Seen). Dabei handelt es sich um kleine finnische Seen, die vor Versuchsbeginn als unbewirtschaftet charakterisiert werden konnten. Die Abbildung wurde aus dem Englischen übersetzt und verändert nach Tiainen, Olin et al. (2017).

3.6 Zusammenfassung des Wissensstandes

Nach den Ergebnissen von Bestandsmodellierungen sollte das Bewirtschaftungsziel für die Wahl des Schonmaßes ausschlaggebend sein. Steht die Maximierung der fischereilichen Erträge im Vordergrund, sind Mindestmaße dem Entnahmefenster überlegen. Spielen neben den Erträgen weitere Ziele wie z. B. der Erhalt einer diversen Alters- und Größenstruktur zur Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Population gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen eine Rolle, sind Entnahmefenster-Regelungen den Mindestmaß-Regelungen überlegen (vgl. Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, Gwinn, Allen et al. 2015, Ahrens, Allen et al. 2020).

Beide Schonmaße, Mindestmaß und Entnahmefenster, stellen geeignete Instrumente zur Verhinderung von Rekrutierungs- und auch Wachstumsüberfischung dar (vgl. Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, Tiainen, Olin et al. 2017). Allerdings zeigte sich, dass Entnahmefenster-Regelungen ebenfalls Größenüberfischung verhindern können. In der Natur der Mindestmaße liegt, dass lediglich kleine und junge Fische geschont werden, während Fische mit einer Länge über dem Mindestmaß stark befischt werden können. Eine solche Befischung der älteren und großen Individuen führt unter entsprechender

Fischereiintensität zu einer Reduzierung der Diversität der Alters- und Längenstruktur der Bestände. Dieser Eigenschaft können Entnahmefenster entgegenwirken und eine diverse Alters- und Längenstruktur in den befischten Beständen fördern und erhalten. Dieser Effekt von Entnahmefenster-Regelungen wurde konsistent in den Modellierungsstudien belegt (Clark, Alexander et al. 1980, Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. 2011, Gwinn, Allen et al. 2015, Ahrens, Allen et al. 2020) und konnte auch in den empirischen Studien (Bond, Arlinghaus et al. 2016, Tiainen, Olin et al. 2017, Bond, Arlinghaus et al. 2018) bestätigt werden (Tab. 2).

Jedoch kann dieser Vorteil der Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen nur dann eintreten, wenn die Fischereiintensität unterhalb eines Grenzwertes verbleibt. Bei einer darüber liegenden fischereilichen Sterblichkeit innerhalb des Entnahmefensters wird es den Fischen nicht ermöglicht, in den geschonten oberen Längenbereich zu wachsen. Einhergehend mit einer intensiven Fischereiintensität steigen auch die Verluste großer Individuen durch Handling- und Haksterblichkeit. Für den Hecht berichteten Tiainen, Olin et al. (2017), dass die Fische das Markieren, wiederholte Fangen und Hantieren in ihrem Versuch gut überstanden haben. Auch Ahrens, Allen et al. (2020) berichteten, dass ihre Modellergebnisse robust gegenüber relativ hohen Haksterblichkeitsraten waren.

Durch den Erhalt alter und großer Fische wird neben der Möglichkeit des Fanges besonders großer Fische eine Steigerung der Bestandsbiomasse erreicht (Tiainen, Olin et al. 2017, Bond, Arlinghaus et al. 2018). Damit einhergehend wirkte sich ein Entnahmefenster gegenüber Mindestmaß-Regelungen bei Salmoniden auf eine höhere Laicherbiomasse (Lenker, Weidel et al. 2016, Ayllón, Nicola et al. 2019) sowie gesteigerte Rekrutierung aufgrund maternaler Effekte beim Amerikanischen Zander (Venturelli, Murphy et al. 2010) aus. Venturelli, Murphy et al. (2010) stellten für Bestände des Amerikanischen Zanders fest, dass mit zunehmender Größe der Laichfische die Eigröße und damit das Überleben der Jungfische zunahm. Im Gegensatz dazu kommen Ahrens, Allen et al. (2020) in ihrer jüngst erschienenen Modellierungsstudie zu dem Ergebnis, dass weniger die Eiqualität als die höhere Fruchtbarkeit großer Individuen für die positiven Effekte von Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen betrachtet werden müssten. Allerdings besteht hierzu weiterer Forschungsbedarf (Ahrens, Allen et al. 2020).

Neben der gesteigerten Bestandsbiomasse durch Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen zeigten Experimente im Aquarium (Bond, Arlinghaus et al. 2016) sowie in Seen (Tiainen, Olin et al. 2017) höhere Bestandsdichten in nach Entnahmefenster befischten Beständen. Dies konnte auch in der Modellierung von Lenker, Weidel et al. (2016) zum Amerikanischen Seesaibling gezeigt werden. Der Effekt gesteigerter Bestandsdichten konnte nicht für die anadromen Regenbogenforellen modelliert werden (García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. 2011), weil eine Mindestmaß-Regelung zu einem numerisch größeren Bestand aufsteigender Laichfische gegenüber einer Entnahmefenster-Regelung führte. Dies kann jedoch auf die besondere Biologie der anadromen Wanderfische zurückgeführt werden.

Liegt das Bewirtschaftungsziel in einer Maximierung des Biomasseertrags, ist eine Mindestmaß-Regelung in den allermeisten Fällen einer Entnahmefenster-Regelung überlegen. Dies wurde in den Modellierungsstudien konsistent über verschiedene Arten und lebensgeschichtliche Merkmale gezeigt (z. B. Nordwall, Lundberg et al. 2000, Gwinn, Allen

et al. 2015, Vainikka, Olin et al. 2017, Ayllón, Nicola et al. 2019, Ahrens, Allen et al. 2020) (Tab. 2). Nur Bond, Arlinghaus et al. (2016) erzielten bei einer Studie mit Zebrabärblingen in Aquarien ein konträres Ergebnis und registrierten bei Entnahmefenster-Regulierung einen höheren Biomasseertrag im Vergleich zu einem Mindestmaß. höher ausfiel.

Obwohl Biomasseerträge unter Mindestmaß-Regelungen in nahezu allen Modellierungen höher ausfallen, können gleichzeitig der numerische Ertrag (Anzahl gefangener Fische) sowie die Fangrate (Anzahl bezogen auf den Fischereiaufwand) bei Entnahmefenster-Regelungen maximiert werden (Arlinghaus, Matsumura et al. 2010, Gwinn, Allen et al. 2015, Lenker, Weidel et al. 2016, Ahrens, Allen et al. 2020). Diese Ergebnisse von Modellierungen sind konsistent mit denen einer Fallstudie von Koupal, Katt et al. (2015) zum Amerikanischen Zander. Auch hier wurde nach der Einführung einer Entnahmefenster-Regelung ein gesteigerter Fang von Zandern gegenüber der früheren Periode unter einer Mindestmaß-Regelung dokumentiert.

Zusammenfassend führen Entnahmefenster-Regelungen zum Erhalt naturnaher Alters- und Größenstrukturen einschließlich großer fruchtbarer Laichfische, was die Vitalität der Bestände gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen verbessern kann. Gleichzeitig zeigen Modellierungen, dass eine gesteigerte Anzahl entnehmbarer, aber im Durchschnitt kleinerer Fische bei Regulierung über ein Entnahmefenster zu erwarten ist. Allerdings muss gegenüber Mindestmaß-Regelungen mit geringeren Biomasseerträgen gerechnet werden.

In der Gesamtschau der Ergebnisse wird deutlich, dass es an belastbaren empirischen Studien zum Vergleich der Effekte von Mindestmaß- und Entnahmefenster-Regelungen auf Fischbestände und Fischereien mangelt (Tab. 2). Es besteht dringender Forschungsbedarf, die modellierten Effekte und Bestandsentwicklungen verschiedener Schonmaße unter Praxisbedingungen zu testen und die Modellierungsergebnisse auf ihre Übertragbarkeit in die fischereiliche Bewirtschaftungspraxis zu prüfen. Inwieweit die lokalen Fischbestände in vergleichbarer Weise wie in den theoretischen Modellierungen auf eine Entnahmefenster-Regelung reagieren, sollte unter den wesentlich komplexeren inner- und vor allem zwischenartlichen Wechselwirkungen in Fischartengemeinschaften und Nahrungsnetzen untersucht werden. Dabei fließen auch lokale angelfischereiliche Aufwände, Entnahmegewohnheiten und Anglerpräferenzen, aber auch illegale Entnahmen oder das Zurücksetzen von Fischen innerhalb des Entnahmefensters in die lokale Fischereiintensität ein und beeinflussen das Ergebnis der Schonmaßnahme. Mögliche Untersuchungen sollten einen Zeitraum umfassen, der den Fischen ein „Hindurchwachsen“ durch ein Entnahmefenster erlaubt. Erst dann wären auch mögliche Rekrutierungseffekte veränderter Alters- und Größenstrukturen auf die fischereilichen Zielgrößen zu erwarten.

Tab. 2 Zusammenfassung der Literatur zu den Effekten von Entnahmefenster-Regelungen gegenüber Mindestmaß-Regelungen

Zielgröße	Fischart	Studientyp	Ergebnis/ Effekt	Bemerkung	Referenzen
Maximierung Biomasseerträge	Amerikanischer Seesaibling, Zander, Bachforelle, allgemein Arten mit unterschiedlichen Life-History-Traits, Raubfische, Friedfische	Modellierung	7 X ↓		Nordwall, Lundberg et al. (2000), Gwinn, Allen et al. (2015), Lenker, Weidel et al. (2016), Vainikka, Olin et al. (2017), Ayllón, Nicola et al. (2019), Ahrens, Allen et al. (2020)
	Bachsaibling, Bachforelle	Modellierung	1 X →		Clark, Alexander et al. (1980)
	Guppy	Laborversuch	1 X ↑		Bond, Arlinghaus et al. (2016)
Maximierung Fangrate (Anzahl Fische im Fang)	Amerikanischer Seesaibling, Hecht, Raubfische	Modellierung	3 X ↑		Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Lenker, Weidel et al. (2016), Ahrens, Allen et al. (2020)
	Friedfische	Modellierung	1 X →		Ahrens, Allen et al. (2020)
Naturnahe Alters- und Längenstruktur	anadrome Regenbogenforelle, Bachforelle, allgemein Arten mit unterschiedlichen Life-History-Traits, Bachsaibling, Raubfische	Modellierung	5 X ↑		Clark, Alexander et al. (1980), García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. (2011), Gwinn, Allen et al. (2015), Ayllón, Nicola et al. (2019), Ahrens, Allen et al. (2020)
	Guppy	Laborversuch	1 X ↑		Bond, Arlinghaus et al. (2016)
	Hecht	Feldstudie	1 X ↑	zuvor unbefischte Bestände	Tiainen, Olin et al. (2017)

Fortsetzung **Tab. 2**

Zielgröße	**Fischart**	**Studientyp**	**Ergebnis/ Effekt**	**Bemerkung**	**Referenzen**
Maximierung Bestandsbiomasse	Guppy	Laborversuch	1 X ↑		Bond, Arlinghaus et al. (2016), Bond, Arlinghaus et al. (2018)
	Hecht	Feldstudie	1 X ↑	zuvor unbefischte Bestände	Tiainen, Olin et al. (2017)
Maximierung Bestandsdichte (Abundanz)	Amerikanischer Seesaibling	Modellierung	1 X ↑		Lenker, Weidel et al. (2016)
	Guppy	Laborversuch	1 X ↑		Bond, Arlinghaus et al. (2016)
	Hecht	Feldstudie	1 X ↑	zuvor unbefischte Bestände	Tiainen, Olin et al. (2017)
	anadrome Regenbogenforelle	Modellierung	1 X ↓	Mindestmaße stellen individuenstarke Laichfischbestände sicher	García-Asorey, Escati-Peñaloza et al. (2011)
Maximierung numerischer Ertrag	Hecht, allgemein Arten mit unterschiedlichen Life-History-Traits, Raubfische, Friedfische	Modellierung	4 X ↑		Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Gwinn, Allen et al. (2015), Ahrens, Allen et al. (2020)
	Amerikanischer Zander	Feldstudie, Fallstudie	1 X ↑	Einführung eines Entnahmefensters in zuvor durch Mindestmaß befischten Bestand	Koupal, Katt et al. (2015)

Fortsetzung **Tab. 2**

Zielgröße	**Fischart**	**Studientyp**	**Ergebnis/ Effekt**	**Bemerkung**	**Referenzen**
Maximierung Laicherbestandsbiomasse	Amerikanischer Seesaibling	Modellierung	1 X ↑		Lenker, Weidel et al. (2016)
	Bachforelle	Modellierung	1 X ↑		Ayllón, Nicola et al. (2019)
Maximierung Bestandsrekrutierung	Amerikanischer Zander	Modellierung	1 X ↑		Venturelli, Murphy et al. (2010)
Verhinderung von Überfischung	Amerikanischer Zander	Modellierung	1 X ↑	in Zusammenhang mit Entnahmemengen-begrenzungen	Moreau and Matthias (2018)
Fang besonders großer Fische	Hecht, allgemein Arten mit unterschiedlichen Life-History-Traits	Modellierung	3 X ↑		Arlinghaus, Matsumura et al. (2010), Gwinn, Allen et al. (2015) Ahrens, Allen et al. (2020)
	Hecht	Feldstudie	1x↑		Tiainen, Olin et al. (2017)

Ergebnis/ Effekt: positiv (↑), ohne (→), negativ (↓)

4 Ableitung von Arbeitshypothesen für den Praxistest

Auf Basis der im Rahmen der Literaturrecherche erzielten Erkenntnisse wurden die in der Projektskizze 2018 formulierten Hypothesen bezüglich der Wirkungskaskade bei Regulierungen der Fischerei über Entnahmefenster auf ihre Relevanz für die Fragestellung und ihre grundsätzliche Haltbarkeit geprüft. Die recherchierten aktuellen Ergebnisse aus theoretischen Modellierungen sowie Labor- und Feldversuchen geben keinen Anlass, die 2018 formulierten Hypothesen als geklärt, fachlich nicht haltbar oder für die Fragestellung nicht relevant einzustufen. Bei den in Frage stehenden experimentellen Untersuchungen zu den Effekten von Entnahmefenstern in anglerisch bewirtschafteten Beständen schlagen wir deshalb vor, nachfolgende theoretische Annahmen und Ableitungen aus Modellergebnissen durch eine entsprechende Konzeption von Studien zu adressieren:

1. In bisher über Mindestmaß regulierten Fischereien führt die Einführung eines Entnahmefensters zu einer Aufweitung der Alters-/Längenfrequenz bis in den Bereich der physiologischen Maximalwerte und der Anteil älterer/größerer Fische im Bestand nimmt zu.
2. Die Erhöhung von Anzahl/Anteil größerer Fische führt zu einer Steigerung der Laicherbestandsbiomasse sowie des Reproduktionspotenzials. Ältere bzw. größere Laicher besitzen eine höhere relative Fruchtbarkeit, wodurch die Eizahl bei gleicher Laicherbiomasse auf Bestandsebene höher ausfällt.
3. In Kombination mit einer Aufweitung der Vermehrungssaison (ältere Laicher reproduzieren früher als jüngere) führt Punkt 2. zu einer Steigerung und/oder Stabilisierung des Rekrutierungserfolges (letzterer definiert als mehr Individuen/Biomasse, die eine bestimmte Größe wie z. B. das Mindestmaß/die Geschlechtsreife erreichen).
4. Trotz der zusätzlichen Entnahmebegrenzung für große Fische bleiben die Anglerfänge (Biomasse gefangener Fische in entnahmefähiger Größe) mindestens konstant (in Punkt 3. erwartete Steigerung/Stabilisierung der Rekrutierung ermöglicht stärkere Entnahme im Entnahmefenster)
5. Es kommt zu einer Verschiebung im Geschlechterverhältnis: das Maximalmaß verstärkt primär die Schonung von Rognern in schnellwüchsigen Populationen (vgl. Stubberud, Vindenes et al. 2019)

5 Auswahl von Praxispartnern und Untersuchungsgewässern

Die Durchführung der beabsichtigten Studie soll in Gewässern und unter Bedingungen erfolgen, die möglichst weitgehend denen anglerisch bewirtschafteter Gewässer entsprechen. Damit wird eine möglichst direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis angestrebt. In der Projektskizze aus dem Jahr 2018 wurde deshalb hauptsächlich auf eine Untersuchung direkt in Angelgewässern und gemeinsam mit den bewirtschaftenden Vereinen fokussiert. Unbewirtschaftete Seen und Karpfenteiche böten sich als Alternative oder Ergänzung an, falls die Anzahl von interessierten Angelvereinen bzw. der von ihnen bewirtschafteten Gewässer nicht ausreicht. Allerdings wären mit einem solchen Ansatz teils stärkere Einschränkungen bezüglich der Übertragbarkeit von Ergebnissen verbunden. Betrachtungen dazu finden sich in der erwähnten Projektskizze und auch in den nachfolgenden Unterabschnitten. Schließlich könnten einzelne spezielle Fragestellungen auch im Labormaßstab z. B. in kleinen Versuchsteichen untersucht werden. Ein derartiger „Nebenversuch“ wäre jedoch nicht zur Prüfung der im vorangegangenen Abschnitt formulierten Hypothesen geeignet und ließe zumindest für sich genommen keine Bewertung der Funktionalität von Entnahmefenstern als Managementmaßnahme in der Angelfischerei zu. Nachfolgend werden die Ergebnisse der im Rahmen der Machbarkeitsstudie durchgeführten Recherchen zur Auswahl von Praxispartnern und Untersuchungsgewässern dargestellt.

5.1 Angelvereine und Vereinsgewässer des Landessportfischerverbandes Schleswig-Holstein e. V.

5.1.1 Information der Vereine

Die Untersuchungen der Effekte einer Entnahmefenster-Regelung sollen im Rahmen eines Praxistests in einem integrativen Ansatz gemeinsam mit Anglern und Angelvereinen durchgeführt werden. Dazu wurde in enger Kooperation mit dem LSFV nach Mitgliedsvereinen gesucht, die Interesse an einem gemeinsamen Test in ihren Vereinsgewässern haben. Um entsprechende Vereine zu finden, erfolgte eine mehrmalige Information der Vereinsvorstände aller über 300 Mitgliedsvereine des LSFV mit dem Aufruf zur Beteiligung am Praxistest (Box 1). Interessierte Vereine wurden aufgefordert, sich mit dem IfB bzw. dem LSFV in Verbindung zu setzten. Weiterhin wurden Informationen zum beabsichtigten Praxistest und zu der laufenden Suche nach Kooperationspartnern in Form eines Fachbeitrags im Jahresheft des LSFV, eines Fachvortrags für die Vereinsvorstände auf der Jahreshauptversammlung des LSFV sowie über ein Infoschreiben und einen Beitrag auf der Homepage des LSFV bekannt gemacht.

Box 1: Information der Angelvereine des LSFV

- *„Küchenfenster“ – das Maß aller Dinge?* Beitrag im Jahresheft des Landesportfischerverband Schleswig-Holstein e. V. 2019/2020, April/Mai 2019 (erscheint einmal im Jahr zur Jahreshauptversammlung und ist kostenlos für die Mitgliedsvereine)
- *Küchenfenster - „Dummtüch“ oder sinnvolles Schonmaß in der Angelfischere*i. Vortrag auf der Jahreshauptversammlung des LSFV, Nortorf, 19. Mai 2019.
- *Ist das „Entnahmefenster“ eine sinnvolle Schonbestimmung in der Angelfischerei?* Informationsschreiben und Beteiligungsaufruf, versendet durch den LSFV im Juni 2019
- *Vereine für Studie zum „Küchenfenster“ gesucht.* Information und Beteiligungsaufruf auf der Homepage des LSFV September 2019 (https://lsfv-sh.de/2019/09/10/vereine-fuer-studie-zum-kuechenfenster-gesucht/)

Information der interessierten Öffentlichkeit

- Erstellung eines Kurzberichtes zum Projekt der Fischereiabgabe *„Machbarkeitsstudie zur Umsetzung eines Praxistests zu den Effekten von Maximalmaßen in der Angelfischerei: Küchenfenster – "Dummtüch" oder sinnvolle Schonbestimmung in der Angelfischerei?“* im März 2019 auf der Homepage des Landes Schleswig-Holstein

Alle Information sowie die Vortragsfolien sind dem Bericht als Anlage beigefügt.

5.1.2 Anforderungen an potenzielle Untersuchungsgewässer

Neben dem Interesse der Vereine zur aktiven Mitarbeit in einer mehrjährigen Studie einschließlich einer verlässlichen Umsetzung von zuvor festgelegten Maßnahmen, Beschränkungen und Dokumentationen ist auch die generelle Eignung der von ihnen bewirtschafteten Gewässer eine wesentliche Voraussetzung für die Teilnahme und damit die Realisierbarkeit und Gestaltung der beabsichtigten Untersuchungen. Für den Hauptversuch werden Gewässer gesucht, die von nur einem Verein bewirtschaftet werden, um eine erfolgreiche Umsetzung des Versuchs sicherzustellen. Die Seen sollten idealerweise in einem Größenbereich von 3-10 ha liegen und über eine möglichst ausgedehnte und gut strukturierte Litoralfläche verfügen. Das soll garantieren, dass der Hechtbestand eine Mindestbiomasse von >100 kg hat und damit Zufallseffekte durch Einzeltiere nicht zu bedeutsam werden. Gleichzeitig muss die Gewässergröße valide Bestandsschätzungen unter Anwendung nicht-letaler Methoden ermöglichen, weshalb die Gewässer nicht zu groß ausfallen dürfen. Eine weitere wichtige Eigenschaft potenzieller Versuchsgewässer ist eine Vermeidung von Fischwanderungen in die Gewässer oder aus ihnen heraus. Für valide Bestandsschätzungen sind Gewässer ohne fischpassierbare Zu- und Abläufe am besten geeignet.

5.1.3 Ergebnisse der Befragung

Auf die in Abschnitt 6.1.1 geschilderten Aktivitäten meldeten sich bis zum 31.März 2020 insgesamt sieben Angelvereine beim IfB und erklärten ihre Bereitschaft zur Beteiligung an Untersuchungen zu den Effekten des Entnahmefensters in ihren Vereinsgewässern (Tab. 3).

Diese Vereine wurden im Zeitraum zwischen dem 19.05.2019 und 28.01.2020 telefonisch kontaktiert. In Interviews wurden Informationen über die Vereinsstruktur, die von ihnen bewirtschafteten Gewässer sowie die Ausgabe von Gastkarten erfragt. Aus der Befragung konnten, basierend auf den unter 6.1.2 dargestellten Kriterien, insgesamt 12 Gewässer als prinzipiell für die Untersuchungen geeignet identifiziert werden (Tab. 3). Seitens der Vereine besteht die Bereitschaft, diese Gewässer für mehrere Jahre entweder nach den spezifischen Vorgaben für die Kontrollgruppe (Befischung nach Mindestmaß-Regelung) oder für die Behandlungsgruppe (Befischung nach Entnahmefenster-Regelung) zu bewirtschaften.

Mit allen Vereinen wurde über die Notwendigkeit der Einführung von Fangprotokollen bzw. einer Erweiterung bestehender Dokumente zur Erfassung der Fänge, Entnahmen und des angelfischereilichen Aufwandes in der Angelfischerei gesprochen. Ausnahmslos erklärten sich die Vereine bereit, die Dokumentation der Angelfischerei nach den Bedürfnissen des Versuchs zu ändern und umzusetzen.

Nicht alle der sieben Interesse bekundenden Vereine verfügen über geeignete Gewässer für eine Teilnahme in der beabsichtigten Studie. So bewirtschaftet der Sportfischerverein Treene e. V. verschiedene Sielzüge, Gräben und Häfen im Stadtgebiet Friedrichstadt sowie ein Teilstück der Treene, die alle keine abgeschlossenen Standgewässer darstellen. Der Angelverein-Niebüll hat angeboten, den Versuch in über 90 seiner Sielzüge durchzuführen. Jedoch kann ein Zu- oder Abwandern von Fischen in diesen Gewässern nicht ausgeschlossen werden. Auch hatte zum Beispiel der Angelsportverein Schleswig e. V. starkes Interesse daran, den von ihm bewirtschafteten Großen Langsee in ein zukünftiges Projekt zu integrieren. Der Große Langsee besitzt jedoch eine Gewässeroberfläche von mehr als 100 ha. Daneben gab es Gewässer, die für den Praxistest als zu klein angesehen werden (Tab. 3).

Tab. 3 Interessierte Angelvereine des LSFV (Stand 31.03.2020) und potenziell geeignete Gewässer für die Studie

Verein	**Gewässer**	**Fläche (ha)**	**max. Tiefe (m)**	**Eignung**
Angelsportverein Preetz und Umgebung e. V.	Trentsee	9	3	ja
Angelverein - Niebüll e. V. von 1884	Baggersee (Baggerkuhle)	5	3-4	ja
	Sielzüge (>90)			nein
Sportangler-Vereinigung Hamburg e. V.	Holzsee	19	7	ja
	Sarnekower See	24	17	ja
	Börnsee	11	10	ja
	Metzensee (Niedersachsen)	15		ja
Sportanglerverein Aukrug e. V.	Baggersee Silzen	ca. 7		ja
	Baggersee Krogaspe	ca. 7		ja
Sportfischerverein Treene e. V.	kein abgeschlossenes Gewässer			nein
Eisenbahner-Sportverein Büchen e. V.	Kiessee (auf der Classen)	< 2		nein
	Kiessee am Wiesengrund	< 2		nein
Angelsportverein -Schleswig von 1932 e. V.	Brautsee	9	2	ja
	Gammellunder See	24	3	ja
	Kiessee Heidbergsee	4		ja
	Kiessee Wollmoor	4		ja
	Moorkatenteich	< 1		nein
	Kattenhunder See	< 2		nein
	Großer Langsee	> 100		nein

5.1.4 Schlussfolgerungen für die Durchführung eines Praxistests an Vereinsgewässern des LSFV

Von den mehr als 300 Mitgliedsvereinen im LSFV haben sieben Vereine Interesse an Untersuchungen zur Umsetzung einer Entnahmefenster-Regelung in der Praxis bekundet. Von diesen könnten zwölf Gewässer in die Studie eingebracht werden, wobei für eine finale Bewertung ihrer Eignung zunächst eine Prüfung vor Ort erforderlich wäre. Die geplante Untersuchung erfordert selbst bei maximaler Reduktion der zu untersuchenden Parameter und deren Variation eine Mindestzahl von Gewässern in einer Kontroll- und einer Behandlungsgruppe (Mindestmaß und Entnahmefenster). Sechs Gewässer in jeder dieser beiden Gruppen sind für eine statistische Absicherung von Ergebnissen die Untergrenze. Aus dieser Perspektive könnten zwölf Gewässer ausreichen. Es besteht jedoch eine als nicht unerheblich eingeschätzte Wahrscheinlichkeit, dass bei einer Inspektion vor Ort Gewässer aus diesem Kreis als nicht geeignet eingestuft werden müssen oder sich im Laufe der Studie als solche herausstellen. Hinzu kommt, dass die Hechtbestände in diesen Gewässern auf Grund morphologischer, struktureller und trophischer Unterschiede sehr heterogen sind. Als Beispiel sollen an dieser Stelle mögliche Unterschiede der Hechtbestände bzw. bei deren Erfassung in steilscharigen tiefen Kiesgruben gegenüber flachen natürlichen Seen genannt werden. Nicht zuletzt ist die Varianz der Gewässergröße zwischen 4 bis 24 ha relativ hoch.

Somit ist zu vermuten, dass Effekte der unterschiedlichen Bewirtschaftung nach Mindestmaß bzw. Entnahmefenster bei den geringen Gruppengrößen durch andere Faktoren maskiert und in der Folge nicht erkannt werden. Um eine gute Absicherung von Ergebnissen zu erreichen, halten wir für die gegebenen Umstände mindestens 20, besser 30 Gewässer für empfehlenswert. Es ist nicht davon auszugehen, dass eine solche Anzahl auch durch einen wiederholten Aufruf unter den Mitgliedervereinen des LSFV nicht erreicht werden kann. Stattdessen könnte eine Alternative darin bestehen, weitere norddeutsche Anglerverbände mit ihren Gewässern für die Studie zu gewinnen. Dabei sind jedoch die Bewirtschaftungsstrukturen sowie der Zugang für Angler zu berücksichtigen. Verbände in denen die Bewirtschaftung zentral erfolgt und Mitglieder des Verbandes uneingeschränkten Zugang zu einer Vielzahl von Gewässern haben, scheinen für den vorgesehenen Hauptversuch ungeeignet. Dies liegt hauptsächlich darin begründet, dass ein Gewässerzugang für viele „Gastangler“ (nicht im lokalen Verein organisierte Angler) eine Erfassung der Fischereiintensität sowie der Fänge nahezu unmöglich macht. Weiterhin lassen sich Änderungen der Entnahme-Regelungen einzelner Gewässer unter einer Vielzahl von Anglern nur schwer kommunizieren und absichern.

Die Mitgliedsvereine des Anglerverbandes Niedersachsen e. V. bewirtschaften ihre Gewässer selbst und haben durch ihr Vergabeverfahren der Angelberechtigungen auch eine Kontrolle über die Anglerschaft an ihren Gewässern. Darüber hinaus sind der Verband und seine Mitglieder bereits durch verschiedene Kooperationsprojekte, u. a. mit dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (Projekt Besatzfisch und Baggersee), mit Forschungsvorhaben über und mit Anglern an ihren Gewässern vertraut. Daneben besitzt der Hamburger Anglerverband einige Gewässer in Schleswig-Holstein, die für eine Einbeziehung in die Studie in Frage kommen könnten. Aus der geografischen Nähe und den daraus resultierenden Vorteilen bezüglich Vergleichbarkeit der Gewässer sowie Organisation und Kommunikation leitet sich die Empfehlung ab, Bemühungen zur

Gewinnung von kooperierenden Vereinen und Versuchsgewässern auf die Anglerverbände in Niedersachen und Hamburg zu erweitern.

5.2 Nicht befischte bzw. bewirtschaftete Seen, große Teiche

Alternativ zur Untersuchung der Hypothesen in von Anglern bewirtschafteten Gewässern wurde eine Durchführung der Studie in nicht bewirtschafteten bzw. nicht befischten Seen oder großen Teichen angedacht. Nicht befischte, aber gleichzeitig als Lebensraum für Fische geeignete Seen finden sich nahezu ausschließlich in Gebieten mit besonderen Zugangs- und Nutzungseinschränkungen. Hierzu zählen in erster Linie Nationalparks und Biosphärenreservate sowie militärisch genutzte Flächen. Die Suche nach solchen Gewässern im Rahmen der Machbarkeitsstudie gestaltete sich schwierig, da diese in aller Regel nicht über Behörden oder Verwaltungen zentral oder zumindest regional abrufbar sind. Gemäß Absprachen mit dem Zuwendungsgeber sollten durch das IfB derartige Gewässer in einem ersten Schritt recherchiert werden. Die Kontaktaufnahme zu den für die Gewässer zuständigen Behörden und Institutionen sollte im Anschluss daran durch die oberste Fischereibehörde des Landes Schleswig-Holstein erfolgen. Für die Suche nach potenziellen Gewässern wurden Internetrecherche und Suchen in der institutseigenen Datenbank durchgeführt. Darüber hinaus wurde das wissenschaftliche Netzwerk der Autoren kontaktiert. Im Ergebnis wurden lediglich sieben kleine nicht bewirtschaftete Gewässer ausfindig gemacht (Tab. 4). Für einige dieser Gewässer ist das Fischereirecht zwar verpachtet, wird aber gar nicht oder nur in sehr geringem Umfang genutzt.

Inwieweit diese Gewässer für fischereibiologische Untersuchungen zugänglich sind bzw. Veränderungen des Fischbestandes möglich wären, konnte dabei nicht geklärt werden.

Zusätzlich wurden Teichwirte nach nicht genutzten großen Teichen gefragt. Lediglich ein Teichwirt (Fischerei Janke & Müller, Friedland, Brandenburg) könnte sich vorstellen, die Teiche für wissenschaftliche Zwecke zu verpachten. Allerdings kann für die Teiche keine Absicherung gegen den Einflug von Kormoranen oder aber illegale Angelfischerei gewährleistet werden.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass der hier bezüglich seiner Machbarkeit geprüfte alternative Ansatz zur Durchführung der Studie in nicht fischereilich bewirtschafteten Seen oder großen Teichen nach derzeitigem Kenntnisstand keine Option darstellt. Die Anzahl an recherchierten potenziell geeigneten Gewässern bleibt noch hinter den unter 6.1 dargestellten Zahlen für angelfischereilich bewirtschaftete Gewässer zurück. Da gleichzeitig für die in Schutzgebieten befindlichen Seen bezüglich der Zugangs- und Manipulationsmöglichkeiten im Rahmen der Studie viele Unwägbarkeiten bestehen, wird dieser Ansatz als nicht praktikabel bewertet.

Tab. 4 Unbefischte bzw. unbewirtschaftete Kleingewässer in Nordbrandenburg

Gewässername	Breitengrad	Längengrad	Fischereipächter/ Fischereiberechtigter	Gewässergröße (ha)	Uferlänge (m)	mittlere Seetiefe (m)	maximale Seetiefe (m)
Großer Köllnsee	53°14'52.5"N	13°15'26.2"E	N. Bukowsky, Templin	48	959	4,4	6,9
Jungfernsee	53°14'21.0"N	13°29'30.0"E	N. Bukowsky, Templin	13	461	1,7	3,2
Haussee Metzelthin	53°10'53.9"N	13°30'22.4"E	N. Bukowsky, Templin	20	901	0	0
Tiefer Clöven	53°13'59.4"N	13°31'49.7"E	Förderverein Feldberg – Uckermärkische Seenlandschaft e. V, Templin	64	1799	3,6	11,2
Flacher Clöven	53°14'03.9"N	13°31'12.8"E	Förderverein Feldberg – Uckermärkische Seenlandschaft e. V, Templin	105	2038	2,9	4,1
Rarangsee	52°59'11.5"N	13°35'28.1"E	Landesbetrieb Forst Brandenburg, Templin	32	841	1,3	1,9

5.3 Teichanlagen

Eine Untersuchung einzelner Fragestellungen bzw. Hypothesen im Zusammenhang mit den Effekten von Entnahmefenstern kann auch im Labormaßstab erfolgen. Beispiele dafür sind die beiden nachfolgenden Annahmen:

a) Laicher unterschiedlichen Alters laichen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, was den Reproduktionserfolg bei temporär ungünstigen Bedingungen (z. B. Temperatur, Wasserstand) stabilisiert
b) Die Larven älterer/größerer Rogner sind vitaler und konkurrenzstärker, woraus eine höhere Überlebensrate mindestens bis zu einem definierten Zeitpunkt resultiert

Studien zu solchen Fragestellungen erfordern prinzipiell eine hohe Anzahl von Wiederholungen (Replikaten) in gut kontrollierbaren Einheiten. Aquarien, Becken und andere künstliche Haltungseinheiten kommen dafür grundsätzlich in Frage. Allerdings sind sie für viele Zielfischarten der Angelfischerei (z. B. Hecht, Zander) nur bedingt geeignet und eine Übertragung von erzielten Ergebnissen auf natürliche Systeme ist mit vielen Unsicherheiten behaftet. Im Zusammenhang mit der hier geplanten praxisnahen Studie stellen sie keine geeignete Option dar.

Stattdessen wurde in der erwähnten Projektskizze auf ablassbare Versuchsteiche fokussiert, in denen Größe, Produktivität, Habitatangebot und Wasserversorgung identisch sind, um systematische Untersuchungen zur Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Laichfische durchzuführen.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde mehrfach Kontakt zum Referat Fischerei des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie gesucht. Am Standort Königswartha könnten für einen Versuch in einer Teichanlage mehrere Teiche mit einer Größe von 2.500 m² genutzt werden. Auch eine mehrjährige Nutzung der Teiche ist nach Angaben des Referatsleiters Dr. Füllner nach vertraglicher Regelung möglich. Die Teichanlage ist nicht gegen Kormoraneinflug überspannt. Dieser wird jedoch als bestenfalls sporadisch und für eine Versuchsdurchführung unproblematisch angesehen.

Neben der Teichanlage in Königswartha ist dem Verfasser eine weitere Teichanlage bekannt. Der im Anglerverband Niedersachsen organisierte Bezirksfischereiverband für Ostfriesland e. V. (BVO) in Emden betreibt zwei Teichanlagen zur Aufzucht von Satzfischen. In einer dieser Teichanlagen wurden bereits wissenschaftliche Untersuchungen mit Hechten durchgeführt (Lübke 2013, Hühn, Lübke et al. 2014). Aus diesen Untersuchungen sind dem Verfasser die Möglichkeiten vor Ort bekannt. Die Teichanlage des BVO besteht aus 12 kleinen Teichen mit einer Fläche von jeweils ca. 1.000 m². Ein Nachteil dieser Teichanlage ist neben der geringen Teichgröße die nicht auszuschließende Prädation der Versuchsfische durch fischfressende Vögel.

6 Weiterentwicklung der Untersuchungskonzeption

Ausgehend von der Projektskizze zur Untersuchung der Effekte des Entnahmefensters und unter Einbeziehung der Ergebnisse der durchgeführten Recherchen wurde die entworfene Untersuchungskonzeption geprüft und weiterentwickelt.

6.1 Auswahl einer Modellfischart

Die Mehrzahl der bisherigen Modellierungen und auch die umfassendste Studie aus dem Freiland (Tiainen, Olin et al. (2017) konzentrierten sich auf den Hecht. Diese Art gehört zu den anglerischen Hauptzielarten in Seen (Arlinghaus and Mehner 2004, Crane, Miller et al. 2015) und wird von vielen Anglern (nicht nur wenigen Spezialisten) gefangen. Sie unterliegt damit einer konstant hohen und zwischen den meisten Gewässern vergleichbaren Befischungsintensität. Weiterhin bildet der Hecht in nahezu allen Gewässern sich selbst reproduzierende Bestände einer gewissen Mindestgröße. Daher wurde bereits in der Projektskizze von einer guten Eignung dieser Art als Modellfisch für die geplante Studie ausgegangen, während für andere Raubfischarten wie Zander (Sander lucioperca) und Wels (*Silurus glanis*) grundlegende Einschränkungen ihrer Eignung wie beispielsweise instabile Reproduktion, geringe Bestandsgröße und variabler Angeldruck angenommen wurden. Auch für den Barsch (Perca fluviatilis) und Karpfenfische wie Schleie (*Tinca tinca*), Plötze (*Rutilus rutilus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) oder Blei (*Abramis brama*) wurde bereits in der Projektskizze eine sehr eingeschränkte Eignung erwartet.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die an einer Studienteilnahme interessierten Vereine auch zu ihrer Präferenz bezüglich einer Modellart befragt. Das Ergebnis war eine sehr deutliche Präferenz für Hecht und Zander. Zusätzlich kam dabei immer wieder der Wunsch auf, einen Praxistest Küchenfenster am Beispiel des Karpfens durchzuführen. Ein explizit erfragtes Interesse an der Bachforelle als Modellfischart bestand dagegen nicht.

In Auswertung der Ansätze, Ergebnisse und Erfahrungen aus veröffentlichten Studien, der Wünsche der interessierten Angelvereine sowie der Fischartengemeinschaften in den potenziell geeigneten Vereinsgewässern kann der Hecht als primäre Modellfischart für das vorgesehene Vorhaben identifiziert werden (Box 2). Die Wahl dieser Art eröffnet auch am besten die Möglichkeit zur Prüfung der in den Modellierungen vorhergesagten Effekte des Entnahmefensters auf Bestände in unseren heimischen Gewässern, da nahezu alle Modellierungen am Hecht erfolgten. Neben den im vorangegangenen Abschnitt sowie in der Projektskizze aufgeführten grundsätzlichen Eignungen bestehen beim Hecht einige ökologische Besonderheiten, die bei einer weiteren Konzeption und Durchführung der Studie Beachtung finden sollten. Dazu gehört insbesondere die durch früh einsetzenden und starken Kannibalismus bewirkte Selbstregulation der Bestandsgröße in Abhängigkeit von der gewässerspezifischen Einstandsfläche (Raat 1988, Grimm 1989, Pierce and Tomcko 2005). Dadurch wird die Übertragbarkeit von an Hechten erzielten Ergebnissen auf andere Fischarten limitiert bis gänzlich in Frage gestellt (Box 2).

Vor diesem Hintergrund sollte bei der Durchführung eines Praxistests unbedingt auch die Einbeziehung mindestens einer weiteren Art in Erwägung gezogen werden. Der von einigen

Vereinen genannte Karpfen vermehrt sich nur sporadisch in wenigen heimischen Gewässern und ist deshalb Gegenstand von Besatzmaßnahmen in nahezu allen von dieser Art besiedelten Gewässern. Besatzgestützte Bestände sind in ihrer eigenreproduktiven Dynamik jedoch weniger bis gar nicht von der Gestaltung von Entnahmebestimmungen abhängig und stellen daher keine geeignete Modellart dar.

Beim Barsch (*Perca fluviatilis*) ist die Bestandsdynamik weniger fluktuierend bzw. oft von Jahrgängen mit Massenentwicklungen geprägt (vgl. Persson, De Roos et al. 2003) und die Ausprägung von Wachstum und mittlerer/maximaler Individuengröße sehr gewässerspezifisch (vgl. Höhne, Palmer et al. 2020), weshalb auch diese Art als nicht geeignet angesehen wird. Auch für die anderen bereits in der Projektskizze erwähnten Arten Wels, Schleie, Plötze, Rotfeder und Blei konnten im Rahmen der Machbarkeitsstudie keine zielführenden Ansätze für Untersuchungen zu den Auswirkungen eines Entnahmefensters im Vergleich zu einem Mindestmaß recherchiert oder entwickelt werden.

Angesichts des großen Interesses der näher befragten Angelvereine wie auch der Fischereibehörden am Zander käme diese Art unserer Ansicht nach am ehesten als sekundäre Modellart für einen Praxistest in Betracht. Allerdings wäre eine Studie im Rahmen des konzipierten Hauptversuchs (siehe nachfolgender Abschnitt) angesichts der geringeren Verbreitung der Art und dem daraus resultierenden Mangel an einer ausreichenden Anzahl von Untersuchungsseen wahrscheinlich nicht realisierbar. Selbst beim Hecht mit einer wesentlich höheren Verbreitung konnten nur 12 mögliche Gewässer im Bestand von Vereinen des LSFV identifiziert werden. Bereits diese Zahl erscheint angesichts der notwendigen langen Untersuchungszeit und der damit verbundenen höheren Wahrscheinlichkeit eines vorzeitigen Abbruchs von Untersuchungen in einigen Gewässern (z.B. aus organisatorischen Gründen, Wechsel in der Mitgliedschaft, externe Einflüsse wie Einleitungen oder Wassermangel, Krankheiten oder Fischsterben usw.) grenzwertig. Beim Zander wäre mit einer noch geringeren Anzahl an Gewässern zu Beginn der Studie zu rechnen, was aus unserer Sicht eine zu hohe Unwägbarkeit bezüglich der Erreichung der Untersuchungsziele bedeutete.

Stattdessen könnte der Zander als zweite Modellart neben dem Hecht eine Möglichkeit für den Nebenversuch darstellen. Bei diesem Versuchsansatz steht die Ermittlung der Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Rogner in Teichen im Fokus (siehe Abschnitt 7.4). Der Hypothese eines höheren Rekrutierungserfolges großer/älterer Rogner kommt eine zentrale Bedeutung bei den theoretischen Überlegungen und den Modellierungen im Zusammenhang mit den Effekten eines Entnahmefensters im Vergleich zu einem Mindestmaß zu (siehe Abschnitte 4.4 und 5). Es ist anzunehmen, dass es bezüglich eines postulierten positiven Zusammenhangs zwischen Größe/Alter von Rognern und ihrer Rekrutierungsstärke artspezifische Unterschiede gibt. Für den Dorsch und einige andere marine Arten ist dieser Zusammenhang in wissenschaftlichen Studien belegt worden (Birkeland and Dayton (2005). Für den Zander sind uns dagegen keine expliziten Studien zu dieser Frage bekannt. Stattdessen ist aber aus Untersuchungen zur Optimierung des Laichfischmanagements von Zandern in der Aquakultur abzuleiten, dass bei dieser Art sowohl die absolute (!) Fruchtbarkeit als auch die Überlebensrate der Larven in den ersten 24 Stunden nach dem Schlupf ab einer Körpergröße von 74 cm bzw. 70 cm negativ mit der Größe der Rogner korreliert ist (Schäfer 2016). Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass der teilweise als allgemeine Gesetzmäßigkeit interpretierte positive Zusammenhang

zwischen Körpergröße/Alter der Rogner und Rekrutierungserfolg artspezifische Ausprägungen besitzt und möglicherweise zumindest bei manchen Arten nur für einen bestimmten Alters-/Größenabschnitt gilt. Damit wäre eine pauschale Übertragung von z.B. bei der Modellart Hecht erzielten Ergebnissen auf andere Arten nicht adäquat und es wären stattdessen artspezifische Studien angezeigt.

Box 2: Hecht als Modellart

Stärken und Vorteile

- Hauptzielart in der Angelfischerei
- Hohes Interesse bei Vereinen/Anglern an der Art und bezüglich Mitarbeit
- Weite Verbreitung in anglerisch bewirtschafteten Gewässern
- Frühe Geschlechtsreife und hohe Fruchtbarkeit
- Stabile Reproduktion in nahezu allen Gewässern ohne Stützungsbesatz
- Hoher und vergleichbarer Befischungsdruck in den meisten Gewässern
- Hakmortalität beim Zurücksetzen von Fischen außerhalb der Entnahmegröße nicht überdurchschnittlich hoch

Schwächen und Einschränkungen

- Maximale Bestandsgröße sehr gewässerspezifisch und stark abhängig von Faktoren außerhalb der Fischerei
- Selbstregulation der Bestandsgröße durch starken Kannibalismus
- Geringe Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere Fischarten/Fischereien

6.2 Untersuchungen in angelfischereilich bewirtschafteten Seen: Hauptversuch

6.2.1 Zielstellung und Fokus

Bei der Konzeption des Hauptversuchs steht die Frage im Mittelpunkt, ob die Einführung eines Entnahmefensters in bisher über Mindestmaße regulierten Fischereien auf Hecht messbare Effekte auf die Bestandsdynamik und die fischereiliche Qualität hat. Im Rahmen eines kontrollierten Vorher-Nachher-Vergleiches wird in der Hälfte der ausgewählten Seen (Behandlungsgruppe) zusätzlich zum etablierten Mindestmaß ein Maximalmaß eingeführt, sodass ein Entnahmefenster Anwendung findet (Abb. 3). Als Kontrollgruppe dient die zweite Hälfte der Gewässer, die unverändert nach dem Mindestmaß bewirtschaftet wird. Die Gewässer sowohl der Kontroll- als auch der Behandlungsgruppe werden bereits vor dem Beginn der Behandlung über 2 Jahre beprobt, um später registrierte Veränderungen in den Beständen beider Gruppen nicht nur miteinander, sondern auch innerhalb der Gruppe über die Zeit vergleichen und bewerten zu können.

Die wesentlichen Bestandteile des Versuches sind die Erfassung der Eigenschaften der Versuchsgewässer und Hechtbestände sowie der angelfischereilichen Fänge und des Aufwandes. Im Folgenden werden diese Bestandteile der Untersuchungen im Detail erläutert.

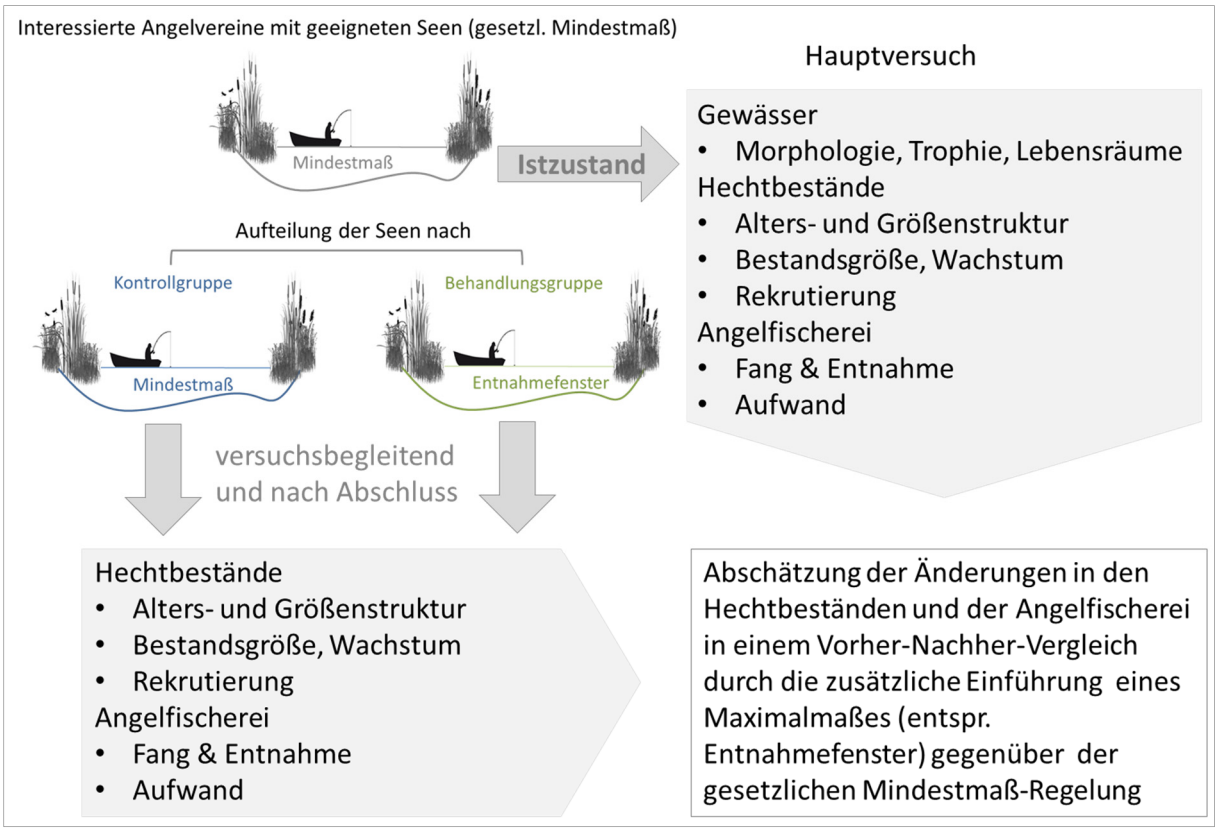

Abb. 3 Darstellung des Hauptversuches: Untersuchungen von Effekten einer Entnahmefenster-Regelung in angelfischereilich bewirtschafteten Hechtbeständen in einem Vorher-Nachher-Vergleich. Als Kontrollgruppe dienen Gewässer, in denen die fischereiliche Entnahme durch ein gesetzliches Mindestmaß geregelt wird.

6.2.2 Erfassung der Gewässereigenschaften

Die Eigenschaften von Gewässern bestimmen maßgeblich die Ausprägung darin lebender Hechtbestände (vgl. Grimm 1989, Pierce and Tomcko 2005). Aus diesem Grund werden zu Beginn der Untersuchungen wesentliche morphometrisch-limnologische Charakteristika der Versuchsgewässer erfasst. Dazu gehört die Ermittlung der Gewässermorphometrie einschließlich der Anfertigung einer detaillierten Tiefenkarte. Auch eine Erfassung der Schlüsselhabitate für die Ausprägung von Hechtbeständen (vgl. Grimm 1989) wird als erforderlich angesehen. Diese Daten geben einen ersten Hinweis auf die möglichen Hechtbestandsbiomassen (Tragekapazität) in den Versuchsseen. Neben den morphologischen Gewässereigenschaften werden jährlich physikalisch-chemische und trophische Wasserparameter erfasst, um produktionsbiologische Kenngrößen zu generieren.

Vor Implementierung des Entnahmefensters wird über einen Zeitraum von zwei Jahren je Jahr eine Gesamtfischbestandsuntersuchung gemäß Europäischer Norm (DIN EN 14575:2015) zur Probenahme von Fischen mittels Multimaschenstellnetzen durchgeführt. (vgl. Tiainen, Olin et al. 2017). Dadurch kann die erwartete starke Varianz zwischen den Befischungsergebnissen und die Wahrscheinlichkeit von Zufallsergebnissen etwas abgeschwächt werden. Bei der geringen Größe der Gewässer kann für eine Befischung ein Aufwand von einer Stellnetznacht angesetzt werden. Am Ende der Studie wird diese Gesamtfischbestandsuntersuchung wiederholt.

6.2.3 Erfassung der Hechtbestände

Vorbemerkung: In den vorangegangenen Abschnitten wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass eine Übertragung der bei Modellierungen erzielten Ergebnisse in die Praxis vor allem auch aufgrund der in Modellen fehlenden Einbeziehung von Wechselwirkungen zwischen Arten eines Tests bedarf. Dennoch schlagen wir aus Gründen der Praktikabilität vor, sich in der hier skizzierten Studie auf die Messung von Effekten bei der ausgewählten Modellfischart zu konzentrieren. Eine parallele Erhebung von Bestandsparametern der anderen Fischarten in den Untersuchungsseen würde zu einem Aufwand führen, der aus unserer Sicht bei der notwendigen Mindestanzahl von 12-20 Gewässern über mindestens 6 Jahre nicht leistbar wäre und gleichzeitig die Gefahr einer starken Auswirkung auf das Versuchsergebnis birgt. Wollte man z. B. die hauptsächlichen Beutefischarten des Hechtes in ihrer Entwicklung dokumentieren, würde dies eine erhebliche Mortalität bei diesen (und anderen) Arten durch regelmäßige Befischungen mit Stellnetzen und damit eine Verzerrung der Entwicklungen im Gewässer hervorrufen. Und selbst bei einer parallelen Beobachtung der Bestandsdynamik anderer Arten stünde die Kausalität mit der Einführung einer Entnahmefenster-Regulierung beim Hecht in Frage. Stattdessen sollen die Wechselwirkungen als „Blackbox“ betrachtet werden und Erhebungen anderer Arten lediglich direkt zu Untersuchungsbeginn und –ende stattfinden. Unbenommen davon finden die Wechselwirkungen zwischen den Arten in den untersuchten Seen statt, was einen entscheidenden Vorteil im Vergleich zu theoretischen Modellierungen darstellt.

Istzustand.- Für die Erfassung und Beschreibung der Eigenschaften der Hechtbestände sind die ersten beiden Versuchsjahre vorgesehen. Zur Schätzung der Hechtbestandsgröße sowie zur Erfassung der Bestandsparameter Alters- und Längenstruktur, Wachstum und Geschlechterverhältnis werden die Bestände in den ersten beiden Jahren vor der Implementierung des Entnahmefensters intensiv befischt, markiert und wieder zurückgesetzt. Nach einem Fang-Markieren-Wiederfang-Ansatz wird die Größe der Hechtbestände geschätzt. Dazu werden alle gefangenen Hechte ab einer Totallänge von 30 cm (vgl. Tiainen, Olin et al. 2017) markiert und wieder in das Gewässer zurückgesetzt. Die Markierung erfolgt nach Aufnahme aller relevanten Daten als Doppelmarkierung mittels externer T-Bar-Anchor-Markierung (bspw. der Firma Floy Tag) und intramuskulär injizierten PIT-tags (passive integrated transponder) (Pierce and Tomcko 1993, Hühn, Klefoth et al. 2014). Für die Markierung der Fische ist ein entsprechender Antrag auf Genehmigung eines Tierversuchsvorhabens nach § 8 Abs. 1 Tierschutzgesetz zu stellen. Die im Antrag zu nennende Anzahl der Versuchstiere wird auf Basis von Erfahrungswerten (vgl. Schälicke, Hühn et al. 2012, Arlinghaus, Pagel et al. 2016) sowie Literaturangaben geschätzt (z. B. Grimm 1989, Pagel 2009). Im laufenden Versuch sind entsprechende Anpassungen der Versuchstierzahlen vorzunehmen, da die genaue Anzahl gefangener und markierter Fische nicht vorhergesagt werden kann.

Die Bestimmung des Alters, des individuellen Wachstums sowie notwendige Längenrückberechnungen basieren auf der Altersbestimmung durch Auslesen der Jahresringe auf den Schuppen (siehe Pagel, Bekkevold et al. 2015 für Details).

Der günstigste Zeitpunkt zum Fang der Hechte für eine Bestandserfassung und -schätzung liegt im zeitigen Frühjahr in der Laichzeit. Der Fang erfolgt mit nicht-letalen Fangeräten. Idealerweise kommen hierzu Reusen zum Einsatz (Pierce and Tomcko 2005, Tiainen, Olin et al. 2017). Allerdings erfordert dieser Ansatz eine regelmäßige Kontrolle der Geräte über einen mehrwöchigen Zeitraum. Vorstellbar wäre, dass die Betreuung der Fanggeräte durch die bewirtschaftenden Angelvereine übernommen wird. Allerdings ist es nicht möglich, die Angelvereine mit der Markierung der gefangenen Hechte zu betrauen. Alternativ zum Einsatz von Reusen werden die Hechte während der Laichzeit mittels Elektrofischerei am Ufer sowie an möglichen Laichplätzen gefangen (die Befischung der gesamten Uferstrecke wird angestrebt). Die Elektrobefischung wird im Abstand von 3-4 Wochen wiederholt, um erste Wiederfänge der zuvor markierten Hechte zu generieren. Die Entscheidung über die Wahl der Befischungsmethodik für die Markierungen wird nach den Auftaktgesprächen mit den beteiligten Vereinen getroffen.

Im Falle der Entscheidung für einen Einsatz der Elektrofischerei werden neben einer einmaligen Befischung der gesamten Uferstrecke ausgewählte Streckenabschnitte mit Sperrnetzen umschlossen und anschließend mehrfach befischt. Dieser Ansatz dient zur Schätzung der Bestandsbiomasse nach der „Depletion Removal Methode“. Die Teilstrecken werden so ausgewählt, dass sie für die Habitatausstattung des Sees repräsentativ sind. Aus den Befischungsdaten der Elektrofischerei werden neben der Bestandsschätzung relative Maßzahlen der Junghechtbestände als Maß der Bestandsrekrutierung bestimmt.

Ergänzend zur Elektrofischerei werden großmaschige Stellnetze über eine kurze Dauer (max. 2 h) eingesetzt, sodass die Hechte unversehrt entnommen und markiert werden können.

Nach Implementierung des Entnahmefensters.- Die Befischungen werden zum weiteren Markieren noch nicht markierter Hechte und zur Ermittlung relativer Maßzahlen der Bestandsrekrutierung auch nach Implementierung des Entnahmefensters jährlich fortgeführt. Zum Ende der Versuchslaufzeit erfolgt eine Befischung im selben Umfang wie bei der anfänglichen Zustandserhebung.

Basierend auf den Ausprägungen der Hechtbestände vor und nach der Implementierung der Entnahmefenster-Regelung sowie auf der Gegenüberstellung der Entwicklung in den Kontrollgewässern werden die Effekte des Entnahmefensters gegenüber einer Mindestmaß-Regelung unter Praxisbedingungen ermittelt. Mit multimetrischen statistischen Verfahren wird geprüft, welche Faktorenkombination die Varianzen in Hechtbestandsgrößen, Laicherbiomassen, Einheitsfängen, Alters- und Längenstruktur, Rekrutierungserfolg und Geschlechteranteil am besten erklärt. Im Falle eines Effektes der Entnahmefenster-Regelung wäre zu erwarten, dass die Kovariate „Entnahmefenster“ über die Zeit einen zunehmenden Anteil an der Erklärung der Varianzen der analysierten Bestandsparameter hat.

6.2.4 Auswahl der Lage des Entnahmefensters

Das in den Gewässern bisher geltende Mindestmaß von 45 cm bleibt sowohl in den Kontroll- als auch Behandlungsseen bestehen. Die Höhe des Maximalmaßes zur Implementierung der Entnahmefenster-Regelung sollte nach Empfehlungen der Modelle etwa 2/3 der theoretischen Maximallänge der Hechte eines Bestandes betragen. Bei einem solchen Ansatz würde für jede Hechtpopulation ein gewässerspezifisches Maximalmaß ermittelt und in der Studie angesetzt werden. Derartige gewässerspezifische Regelungen berücksichtigen am besten die unterschiedlichen Bedingungen und sind populationsbiologisch besser wirksam als „Einheitsmaße“. Alternativ kann das Maximalmaß auch für alle Gewässer uniform festgelegt werden, was dem aktuellen Prinzip landesweit einheitlicher Mindestmaße entspricht. Dazu werden in einem ersten Schritt, basierend auf der Bertalanffy-Wachstumsfunktion (von Bertalanffy 1938), die theoretischen Maximallängen der Hechtbestände in den Versuchsgewässern ermittelt. Daraus wird dann ein Maximalmaß bestimmt, welches mindestens 2/3 der theoretischen Maximallänge des Bestandes mit der größten theoretischen Maximallänge entspricht. Somit kann sichergestellt werden, dass das Maximalmaß für alle Populationen mindestens 2/3 der theoretischen Maximallänge beträgt.

Sollten nicht in allen Seen genügend Hechte für die beschriebene Ermittlung des Maximalmaßes gefangen werden, wäre auch eine pauschale Festlegung möglich. Für nordamerikanische Seen geben Pierce and Tomcko (2003) und Pierce, Tomcko et al. (2003) theoretische Maximallängen der Rognerbestände von bis zu 104 cm an. In Anlehnung könnte ein Maximalmaß von mindestens 70 cm abgeleitet werden.

Im Hamburgischen Fischerei- und Angelgesetz (HmbGAnG, §21, Abs. 4) wurden für einige Arten, darunter auch der Hecht, Entnahmefenster eingeführt. Für den Hecht beträgt dieses 45 - 75 cm. Auch das wäre eine sinnvoll erscheinende Option in der geplanten Studie.

Eine finale Festlegung der Lage und Breite des Entnahmefensters erfolgt in Konsultation mit den schleswig-holsteinischen Fischereibehörden sowie den Bewirtschaftern der Studiengewässer.

6.2.5 Erfassung des angelfischereilichen Aufwands und der Fänge

Neben der Erfassung der Hechtbestände stellt die Erfassung des angelfischereilichen Aufwands sowie der durch die Angelfischerei generierten Hechtfänge einen wesentlichen Bestandteil des Vorhabens dar. Nicht zuletzt bestätigen verschiedene Modellierungen zu den Effekten des Entnahmefensters, dass die gegenüber Mindestmaß-Regelungen positiven Auswirkungen auf die Bestände und die Fischerei stark von der Fischereiintensität abhängig sind (Gwinn, Allen et al. 2015, Ayllón, Railsback et al. 2018, Ayllón, Nicola et al. 2019, Ahrens, Allen et al. 2020). Aus diesem Grund sollen in der Studie von allen Anglern an den Untersuchungsgewässern der fischereiliche Aufwand (Angelstunden), gefangene und entnommene Fische für jede Angeltour in Fangbüchern bzw. -statistiken dokumentiert werden. Derzeit ist mit den Vereinen vereinbart, die dort bereits existierende Form der Dokumentation der Fänge bzw. Entnahmen im Rahmen des Projektes anzupassen bzw. zu erweitern. Das benötigt eine gewisse Vorlaufzeit, da die entsprechend den Erfordernissen angepassten Fangbücher bereits zu Beginn der Angelsaison im ersten Jahr der Studie an die Angler der Vereine ausgegeben werden müssen. In der Regel geschieht dies in den Wintermonaten zu den Jahreshauptversammlungen.

Die konkrete Gestaltung der Fangbücher orientiert sich an Erfahrungen aus anderen Studien (vgl. Arlinghaus, Cyrus et al. 2015, Arlinghaus, Pagel et al. 2016). Bei der für die Studie gewählten Modellart Hecht sollen alle gefangenen Individuen dokumentiert werden. Dazu zählen dann auch untermaßige zurückgesetzte Hechte und bei Gewässern aus der Behandlungsgruppe mit Entnahmefenster-Regelung zusätzlich die übermaßigen zurückgesetzten Hechte. Die Fangbücher werden jährlich ausgewertet, um Änderungen der Anglerfänge festzustellen. Die Rückgabe und erneute Ausgabe der Fangbücher wird zu den Jahreshauptversammlungen der Vereine organisiert. Aber auch die Versendung per Post wird ermöglicht. In den Telefoninterviews mit den interessierten Vereinen (Tab. 3) wurde eine mehrjährige Beteiligung bei der Datenerhebung zugesichert. Für die Erfassung von fischereilichem Aufwand und Fängen der Gastangler werden auf Grund der unterschiedlichen Handhabung in den Vereinen individuelle Verfahrensweisen angesetzt. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Daten der Gastangler keine signifikanten Auswirkungen über den Aufwand und Fang der Vereinsmitglieder hinaus haben werden.

Aus den generierten Daten werden mögliche Änderungen der numerischen und biomassebezogenen Einheitsfänge, der Längenverteilung der gefangenen Fische sowie der angelfischereilichen Sterblichkeit ermittelt. Effekte der Entnahmefenster-Regelung werden in der Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Kontrollgewässern (Mindestmaß-Regelung) deutlich.

6.2.6 Dauer der Versuchsdurchführung

Für den Hauptversuch ist eine mehrjährige Versuchslaufzeit notwendig, die sich in drei Phasen einteilen lässt. Zu Beginn findet eine über zwei Jahre geplante morphologisch-limnologische Charakterisierung der Untersuchungsgewässer zusammen mit einer Erfassung des Istzustandes der Hechtbestände (einschließlich Markierung) und angelfischereilicher Kenngrößen statt (Abb. 5).

In der sich anschließenden Hauptphase der Studie sollen die Entwicklungen der Hechtbestände in den Gewässern der Kontroll- und der Behandlungsgruppe erfasst und dokumentiert werden. Die Dauer dieser Phase muss ausreichend lang bemessen sein, um den Beständen in der Behandlungsgruppe eine Reaktion auf die veränderten Entnahmebestimmungen innerhalb des Studienzeitraums zu geben. Der dafür nötige Zeitraum wird vom Wachstum und dem Eintritt der Geschlechtsreife in den Beständen bestimmt. Aus Untersuchungen von Pagel (2009) an einem See im Norden Brandenburgs wird deutlich, dass die Fische dieses Bestandes das Mindestmaß im Alter von 3-4 Jahren und ein Maximalmaß von 70 bzw. 75 cm im Alter zwischen 6 und 8 Jahren erreichen würden (Abb. 4). Um einen Effekt der Entnahmefenster-Regelung auf die Längenfrequenz im Bestand beobachten zu können, müsste mindestens drei Kohorten in den Behandlungsgruppen das vollständige „Durchwachsen“ des Entnahmefensters von 3-4 Jahren und ein Erreichen der Schutzgröße ermöglicht werden. Daraus resultiert eine Mindestdauer der zweiten Untersuchungsphase von 6-7 Jahren.

In der abschließenden Phase der Studie erfolgt eine Replikation der Beprobung des gesamten Fischbestandes in den Untersuchungsgewässern, die Auswertung aller Daten und die Interpretation und Diskussion der Ergebnisse gemeinsam mit den beteiligten Vereinen einschließlich der Erstellung von Veröffentlichungen für verschiedene Zielgruppen. Für diese Phase ist ein Zeitbedarf von einem Jahr vorgesehen (Abb. 5).

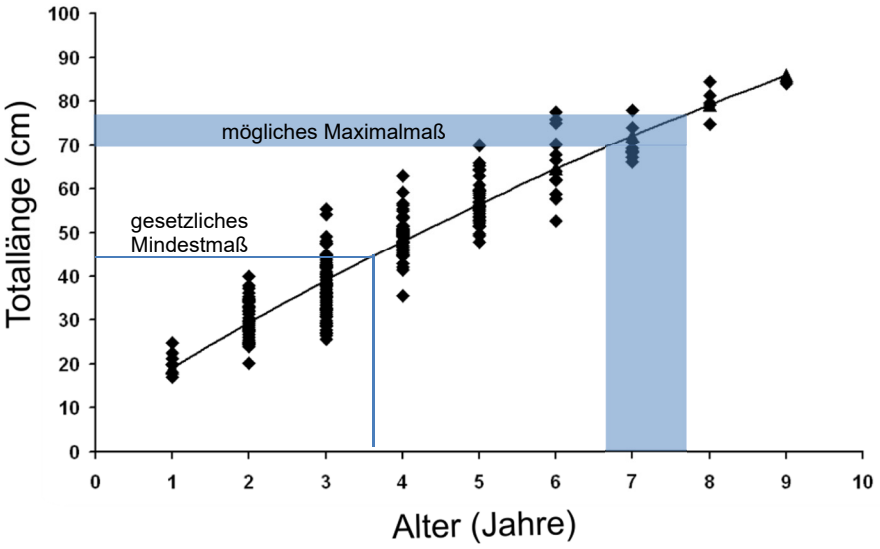

Abb. 4 Wachstumskurve einer unbefischten Hechtpopulation (Rogner) (nach Pagel 2009, verändert)

6.2.7 Arbeitspakete

Der Hauptversuch soll in den nachfolgenden Arbeitspaketen (AP) realisiert werden.

AP1 Festlegung der Gewässerkulisse und Aufbau von Kooperationspartnerschaften sowie stetiger Austausch mit den Kooperationspartnern. Vor Versuchsbeginn ist die Auswahl der Versuchsgewässer nach Gewinnung weiterer Kooperationspartner notwendig. Dazu müssen die Gewässer vor Versuchsbeginn begutachtet und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet werden. Anträge zur Durchführung der Elektrofischerei und zur Markierung der Fische (Tierversuchsantrag) werden erarbeitet und gestellt, eine Promotionsstelle wird ausgeschrieben und besetzt.

AP2 Für die erfolgreiche Umsetzung ist ein enger Austausch mit den kooperierenden Vereinen notwendig. Dazu erfolgen über den gesamten Versuchszeitraum Treffen zur gemeinsamen Planung von Befischungen (z. B. Gesamtfischbestandserhebung) sowie zur Präsentation und Diskussion von vereinsspezifischen sowie projektspezifischen Zwischen- und Endergebnissen.

AP3 Erstellung und Druck von Fangbüchern zur Dokumentation der angelfischereilichen Fänge und des Aufwandes. Weiterhin erfolgt eine Verteilung der Fangbücher über die Vereine an ihre Mitglieder. Dies muss vor Beginn der Angelsaison jedes Untersuchungsjahres erfolgen. Ebenso werden die ausgefüllten Fangbücher gesammelt und geprüft und „no response“-Befragungen zur Beurteilung der Repräsentativität durchgeführt. Im letzten Versuchsjahr erfolgt eine Befragung aller Angler aus den teilnehmenden Vereinen zu ihren Erfahrungen, Anregungen und ihrer Zufriedenheit.

AP4 Fischereibiologische und limnologische Untersuchungen der Gewässer vor der Einführung einer Entnahmefenster-Regelung sowie nach Abschluss der Versuchslaufzeit (Details sind in Kapitel 7.2.2 dargestellt).

AP5 Die in Kapitel 7.2.3 dargestellte Vorgehensweise zur Erfassung der Hechtbestände erfolgt über den gesamten Versuchszeitraum. Dabei erfolgt in den ersten beiden Jahren eine Istzustandserfassung der Hechtbestände. Darüber hinaus werden die Hechtbestände in den folgenden Versuchsjahren jährlich erfasst. Bei allen Erhebungen werden die Daten der Individuen erfasst und die Fische individuell markiert.

AP6 Durch die Studie werden große Datenmengen generiert. Für deren Sicherung und Dokumentation sind digitale Datenbanken zu entwickeln. Anschließend erfolgt eine fortlaufende Digitalisierung, Qualitätsprüfung und Strukturierung aller im Zusammenhang mit der Studie erhobenen bzw. anfallenden Daten. Ein Datenaustausch mit Dritten (z. B. Wasserwirtschaft, Geodatenbanken) wird organisiert.

AP7 Im Verlaufe der Studie findet eine regelmäßige Aufbereitung und statistische Auswertung von Teildatensätzen statt, um eventuelle Probleme bzw. Anpassungsbedarf bei der Versuchsdurchführung zeitnah zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Zum Versuchsende ist eine detaillierte statistische Datenauswertung des Versuches sowie die Berichterstellung und Ergebnispräsentation geplant.

Tab. 5 Arbeitspakete und Meilensteine im Hauptversuch. (* = Projektvorbereitungsphase)

Arbeitspaket	**Untersuchungsjahre**									
	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AP1 Gewässerkulisse und Kooperationspartnerschaften, Anträge und Genehmigungen	■									
AP2 Kooperation Wissenschaft-Angler	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP3 Fangbücher	■		■		■		■		■	
AP4 Statuserhebung Untersuchungsgewässer		■	■	■						■
AP5 Erfassung Hechtbestände		■		■		■		■		■
AP6 Digitalisierung Daten, Qualitätssicherung, Datenaustausch				■		■		■		■
AP7 Datenaufbereitungen, Statistische Datenauswertung, Ergebnisinterpretation, Berichterstellung, Veröffentlichungen										■
Meilensteine										
M1 Abschluss der Festlegung der Gewässerkulisse und unterzeichnete Kooperationsvereinbarungen mit Kooperationspartnern (Angelvereine), Genehmigter Tierversuchsantrag	■	■								
M2 Abschluss Ist-Zustandserfassung der Gewässer und Fischbestände, Zuordnung der Gewässer zu Kontroll- und Behandlungsgruppen, Festlegung Entnahmefenster, Versuchsbeginn				■						
M3 Zwischenauswertung						■				
M4 Abschlusserhebungen Fischbestände										■
M5 Ergebnisdarstellungen, Veröffentlichungen										■

6.3 Untersuchungen in nicht befischten Seen bzw. größeren ablassbaren Teichen im alternativen Ansatz

Als ein alternativer Untersuchungsansatz zum bereits dargestellten Hauptversuch wurde ein Versuchsdesign in nicht befischten Seen bzw. größeren ablassbaren Teichen in Erwägung gezogen (Abb. 6).

Das grundlegende Untersuchungsdesign entspricht weitestgehend dem des bereits dargestellten Hauptversuches. Die Ausgangssituation unterscheidet sich jedoch dahingehend, dass im alternativen Ansatz unbefischte Gewässer bzw. Hechtbestände existieren bzw. in den Teichen durch Besatz simuliert werden. Damit würden in der anschließenden Behandlungsphase Änderungen sowohl in der Behandlungsgruppe (Entnahmefenster) als auch in der Kontrollgruppe (Mindestmaß anstelle von unbefischt) zu erwarten sein. Der Versuchsansatz entspräche weitgehend der Studie von Tiainen, Olin et al. (2017) (Kapitel 4).

Neben diesen beiden Gruppen sollte eine weitere Kontrollgruppe ohne fischereiliche Entnahme eingerichtet werden, um die zu erwartenden Veränderungen besser bewerten und interpretieren zu können. Dies erfordert jedoch eine hohe Anzahl Versuchsgewässer bzw. -teiche, würde dann jedoch über die Studie von Tiainen, Olin et al. (2017) hinausgehende Erkenntnisse zur Wirkung eines Entnahmefensters erwarten lassen.

Ein Vorteil des alternativen Ansatzes gegenüber dem Hauptversuch ist die systematische Wahl bzw. Steuerung von Fischereiintensität sowie Entnahmemenge. Die Simulation der fischereilichen Intensität und Entnahme würde in diesem Fall durch entsprechendes Personal standardisiert durchgeführt – entweder unter Nutzung erwerbsfischereilicher Fanggeräte oder in Teichen durch zwischenzeitliches Ablassen. Ein solches Vorgehen weicht zwar stark von der Praxis in Gewässern der Angelfischerei ab, würde aber gleichzeitig einige bedeutsame Unsicherheiten des im Hauptversuch beschriebenen Ansatzes, wie beispielsweise mangelhafte Dokumentation von Aufwand und Fängen durch manche Angler, verringern. Alternativ denkbar wäre auch, für diese Seen bzw. Teiche freiwillige Angler aus der Umgebung zu rekrutieren und diesen Genehmigungen (z. B. 1 Angler/ha) für die Angelei auf Hecht verbunden mit Auflagen zur Führung eines für den Hauptversuch beschriebenen Fangbuches zu erteilen. Damit könnten die tatsächlichen Bedingungen und Abläufe in anglerisch bewirtschafteten Gewässern besser simuliert werden. Allerdings konnte im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie nicht geklärt werden, ob sich Angler aus dem Umfeld unbefischter Seen und interessierter Teichwirtschaften für eine derartige Maßnahme gewinnen lassen und ob ihnen der regelmäßige Zutritt zu Gewässern in Schutzgebieten (meist Kernzone!) überhaupt gestattet würde.

Bei einer Durchführung der Untersuchungen ohne Beteiligung von Anglern im hier dargestellten alternativen Ansatz wäre die in vorangegangenen Abschnitten beschriebene integrative Studiengestaltung von Anglern und Wissenschaftlern nicht umsetzbar. Damit müsste auf eine wesentliche Zielstellung des Vorhabens verzichtet werden. Aus der Literatur ist bekannt, dass Ergebnisse aus Untersuchungen in Kooperation von Anglern und

Wissenschaftlern in der Praxis eine höhere Akzeptanz und Umsetzung erfahren als ausschließlich theoretisch vermittelte Sachverhalte (Arlinghaus, Cyrus et al. 2015).

Zusammenfassend stellt der hier beschriebene alternative Ansatz prinzipiell eine geeignete Option zur Untersuchung von Effekten einer Entnahmefenster-Regelung auf Hechtbestände dar. Allerdings könnten manche der in Abschnitt 5 adressierten Fragestellungen bzw. Hypothesen nur dann untersucht werden, wenn die Entnahme von Fischen durch Angler abgesichert werden kann. Sollten Regulierungen des Bestandes nur durch erwerbsfischereiliche Gerätschaften bzw. das Ablassen von Gewässern umsetzbar sein, beschränkten sich die Möglichkeiten auf Untersuchungen der Effekte in den Populationen. Zu den Folgen für die Qualität des Angelns und der daraus resultierenden Zufriedenheit, wie z. B. aus der Entwicklung der Fangraten, könnten keine Aussagen getroffen werden. Als größte Hindernisse erscheinen derzeit jedoch die geringe Anzahl an potenziell verfügbaren unbefischten Seen und Teichen sowie die mit Eingriffen in Gewässern in besonders geschützten Gebieten verbundenen Beschränkungen.

Aufgrund dieser als schwerwiegend eingeschätzten Unsicherheiten wurde für den alternativen Ansatz keine spezielle Planung von Arbeitspaketen sowie zeitlichen Abläufen und daraus resultierenden Kostenschätzungen vorgenommen. Da die Dauer der Untersuchung weniger vom Gewässertyp als von der Biologie der Modellart und den Untersuchungszielen abhängt, wäre für den alternativen Ansatz mit einem vergleichbaren Zeitraum wie für den Hauptversuch in anglerisch bewirtschafteten Seen zu rechnen.

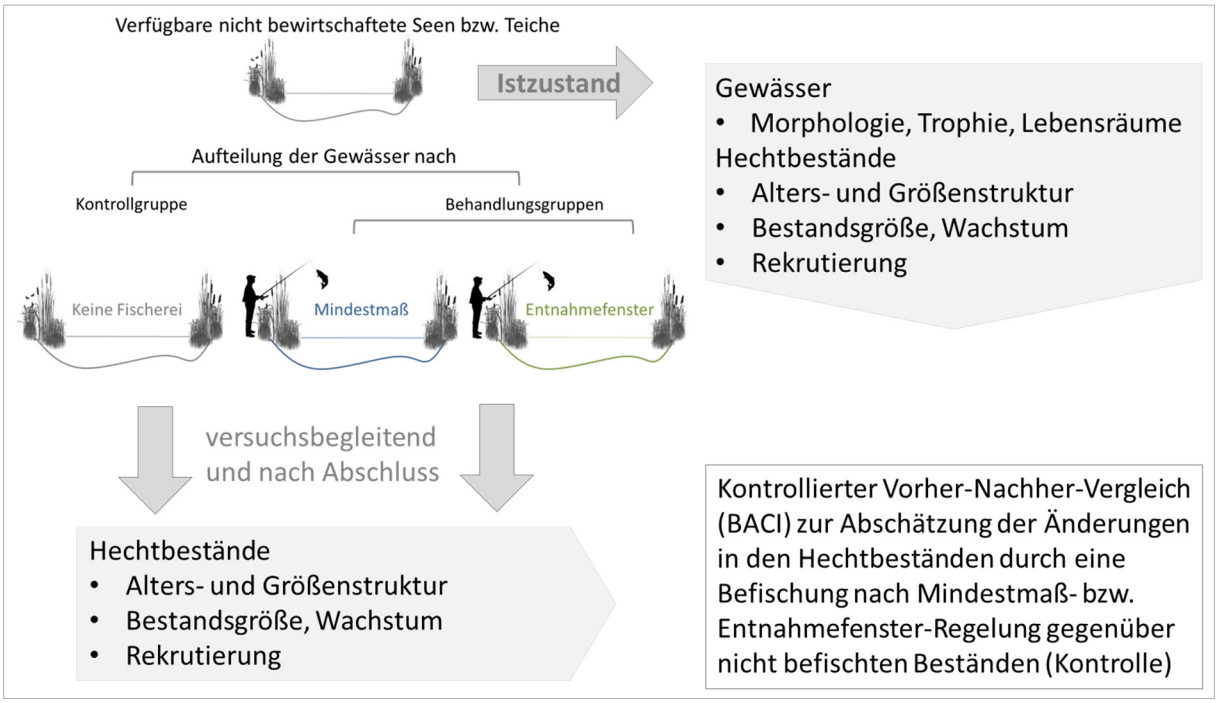

Abb. 5 Versuchsdesign für einen kontrollierten Vorher-Nachher-Interventions-Vergleich (BACI) zum Test von Effekten der Entnahmen nach Mindestmaß- und Entnahmefenster-Regelung in zuvor nicht befischten Gewässern.

6.4 Nebenversuch: Systematische Untersuchungen zur Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Laichfische

6.4.1 Zielstellung und Ansatz

In der erwähnten Projektskizze aus dem Jahr 2018 wurde neben dem Hauptversuch ein Nebenversuch zur Ermittlung der Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Hechtrogner vorgeschlagen (für Details siehe Projektskizze und Abschnitt 6.3). Beweggrund dafür war, dass die theoretisch vielfach postulierte höhere relative Fruchtbarkeit großer Rogner sowie eine höhere Überlebensfähigkeit von Nachkommen großer Laicher zu einem höheren Rekrutierungserfolg führen. Diese Hypothese besitzt eine Schlüsselfunktion für nachfolgende Erwartungen bezüglich der positiven Effekte von Entnahmefensterregulierungen (Abschnitt 5). Speziell für Zielarten der Angelfischerei in deutschen Binnengewässern konnten auch im Rahmen der Machbarkeitsstudie keine in der Praxis erzielten Belege für diese Basisannahme gefunden werden (Abschnitt 7.1). Damit geht eine hohe Unsicherheit bezüglich der Effekte von Entnahmefenster–Regelungen einher. Insbesondere bei der für den Hauptversuch gewählten Modellart Hecht kommt die Tatsache erschwerend hinzu, dass frühe Geschlechtsreife, hohe Fruchtbarkeit und ausgeprägter Kannibalismus eine weitgehend stabile Ausschöpfung der gewässerspezifischen Tragfähigkeit selbst bei intensiver Beangelung erwarten lassen. Inwiefern ein Entnahmefenster die in Modellen theoretisch prognostizierten positiven Effekte (Tabelle 2 und Abschnitt 5) unter solchen Rahmenbedingungen in der Praxis bestätigen kann, erscheint besonders fraglich.

In Erwägung der zentralen Bedeutung des größenabhängigen Rekrutierungserfolges für die zu untersuchende Fragestellung sowie durch die recherchierten Optionen zur Durchführung von Versuchen in zwei geeignet erscheinenden Teichwirtschaften wird eine Realisierung des nachfolgend beschriebenen Nebenversuchs empfohlen und für praktisch realisierbar angesehen.

Für eine Durchführung dieses Nebenversuchs sind mindestens 12 aus gleicher Vorflut gespeiste Teiche in identischer Größe nötig, für eine statistische Absicherung wären 18 Teiche vorteilhaft. In Ergänzung zu den Untersuchungen mit Hechten und in Erwägung der im Abschnitt zu den Modellfischarten dargestellten Gründe (Abschnitt 7.1) könnte dieser Versuchsansatz bei Vorliegen einer ausreichenden Zahl an Teichen (mindestens 24) parallel mit der Fischart Zander durchgeführt werden.

Die Teiche werden nach einer vorangegangenen Winterung bespannt. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Fische mit dem Wasser in die Teiche gelangen (vgl. Lübke 2013). Vor dem Besatz werden die Teiche mit Strukturelementen (Totholz) in definierter Menge und Ausbringung strukturell gestaltet und gedüngt. Im Anschluss daran werden Cypriniden in definierter Menge und Längenfrequenz als Nahrungsgrundlage für die Hechte bzw. Zander besetzt (vgl. Lübke 2013, Hühn, Lübke et al. 2014). Die Teiche der Kontrollgruppe werden mit einem engen Größenbereich der Laichfische zwischen 45 – 65 cm besetzt, bei der Behandlungsgruppe wird der Größenbereich oberhalb 65 cm erweitert. Die besetzte Laicherbiomasse wird in allen Teichen identisch eingestellt.

In Anlehnung an Beobachtungen auf natürlichen Laichplätzen wird in beiden Gruppen ein Geschlechterverhältnis von zwei Milchnern pro Rogner angesetzt (Raat 1988, Billard 1996). Die Hecht- bzw. Zanderbiomasse wird nach dem Ablaichen durch Entnahme eines definierten Anteils der Laicher reduziert und der Biomasse natürlicher Hecht-/Zanderbestände angepasst (vgl. Grimm 1989).

Im Verlaufe einer Aufzuchtzeit über zwei Sommer werden die Teiche dreimalig abgefischt und Menge und Größenstruktur der Nachkommen erfasst, bevor diese wieder zurückgesetzt werden. Die erste Befischung erfolgt ausgangs des ersten Sommers (6 Monate nach Besatz), die zweite nach dem Winter (nach 12 Monaten) und die dritte zu Versuchsende (nach 18 Monaten). Zu diesem Zeitpunkt sollten zumindest die Nachkommen in den mit Hechten besetzten Teichen eine Größe von bis zu 45 cm und damit das fischereiliche Mindestmaß erreicht haben und in den fischereilich genutzten Bestand rekrutieren. Ebenso wären der überwiegende Teil der Milchner sowie ein Teil der Rogner zum Ende des Versuchs geschlechtsreif und würden sich in der Folgesaison in den Laicherbestand einreihen. Um einen hypothetisch stabilisierenden Effekt altersstrukturierter Laicherbestände zu testen, wird diese Versuchsanstellung mindestens ein weiteres Mal repliziert, mit Varianz im Wetterverlauf und anderen rekrutierungsrelevanten Faktoren (Abb. 7). Beim Zander wäre ein langsameres Wachstum zu erwarten, weshalb bei einer Versuchsdurchführung bis zum Erreichen der Geschlechtsreife wahrscheinlich ein drittes Untersuchungsjahr nötig würde.

Gleichzeitig wird mittels genetischer Elternschaftszuordnungen die postulierte höhere Überlebensfähigkeit von Nachkommen größerer Laicher innerhalb der Teiche geprüft.

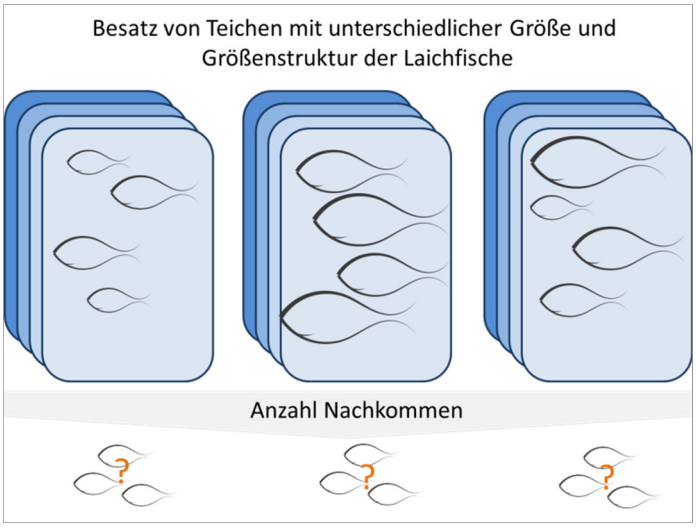

Abb. 6 Versuchsdesign zum Test der Rekrutierungsstärke von Laichfischbeständen, die sich aus verschiedenen Größenklassen zusammensetzen.

6.4.2 Arbeitspakete

Der Nebenversuch soll in den folgenden fünf Arbeitspaketen realisiert werden:

AP1 Das erste Arbeitspaket beinhaltet die Versuchsvorbereitung. Das umfasst hauptsächlich die Auswahl einer bzw. mehrerer Teichwirtschaften, den Abschluss von

Kooperationsvereinbarungen, die Organisation von Fischen für den Besatz und die Ausschreibung und Besetzung einer Promotionsstelle.

AP2 Vorbereitung der Teichanlagen vor Versuchsbeginn einschließlich Teichvorbereitung/Instandsetzung, Habitatgestaltung, Bespannung. Betreuung der Teiche über den gesamten Versuchszeitraum einschließlich fortlaufender Dokumentation (Temperatur, Sauerstoffkonzentration, pH-Wert, Wasserstand, Trübung, Habitatausprägung…).

AP3 Vorbereitung Besatzfische (Markierung, Gewebeentnahme für genetische Zuordnung), Besatz der Teiche und Probenahmen durch 3 Abfischungen pro Versuchsdurchgang. Dabei werden von möglichst allen Jungfischen (mindestens aber 200 pro Teich) Längen- und Massedaten erfasst. Bei der jeweils letzten Probenahme in beiden Durchgängen werden zusätzlich Proben für eine Elterntierzuordnung gewonnen.

AP4 Durch die Studie werden große Datenmengen generiert. Für deren Sicherung und Dokumentation sind digitale Datenbanken zu entwickeln. Anschließend erfolgt eine fortlaufende Digitalisierung, Qualitätsprüfung und Strukturierung aller im Zusammenhang mit der Studie erhobenen bzw. anfallenden Daten.

AP5 Im Verlaufe der Studie findet eine regelmäßige Aufbereitung und statistische Auswertung von Teildatensätzen statt, um eventuelle Probleme bzw. Anpassungsbedarf bei der Versuchsdurchführung zeitnah zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Zum Versuchsende ist eine detaillierte statistische Datenauswertung des Versuches sowie die Berichterstellung und Ergebnispräsentation geplant.

Tab. 6 Arbeitspakete und Meilensteine im Nebenversuch. * Projektvorbereitungsphase

Arbeitspakete	**Untersuchungsjahre/Quartale**																
	*	1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP1 Versuchsvorbereitung																	
AP2 Vorbereitung und fortlaufende Betreuung der Teiche																	
AP3 Besatz und Probenahmen		B		P		P		P		B		P		P		P	
AP4 Digitalisierung Daten																	
AP 5 Datenauswertung, Ergebnisdarstellung																	
Meilensteine																	
M1 Voraussetzungen für Versuchsaufnahme liegen vor																	
M2 Beendigung erster Versuchsdurchgang, Zwischenauswertung, Planung 2. Durchgang																	
M3 2. Durchgang abgeschlossen, Endauswertung																	

Die Arbeitspakete sind auf eine Durchführung der Untersuchungen mit der Fischart Hecht ausgerichtet. Bei Vorhandensein von genügend Teichen wäre eine Ausdehnung auf die Fischart Zander denkbar. Die Arbeitspakete blieben nahezu identisch, lediglich die Dauer eines Durchganges würde sich auf 3 Jahre verlängern.

7 Überschlägige Kostenschätzung für Hauptversuch und Nebenversuch

Als Orientierungshilfe für die weitere Diskussion und Entscheidungsfindung wurde eine erste grobe Schätzung der mit der Durchführung einer Studie verbundenen Kosten separat für den Hauptversuch und den Nebenversuch vorgenommen. Dabei wurde beim Hauptversuch von einer Einbeziehung von 12 Gewässern und den bewirtschaftenden Vereinen sowie den in Abschnitt 7.2 dargestellten Arbeitspaketen über einen Zeitraum von insgesamt 9 Jahren ausgegangen. Ebenso wurde vorausgesetzt, dass sich die Vereinsmitglieder mit ihren Gewässern und ihren Aktivitäten kostenfrei in die Untersuchungen einbringen. Unter diesen Rahmenbedingungen wäre mit Kosten von insgesamt etwa 1,1 Mio. € (im Mittel etwa 120.000 € jährlich) zu rechnen, die sich wie folgt aufteilen:

Titel	€
Personalkosten	
Wissenschaftler und Techniker	650.000
Promotionsstudent/in	300.000
Verbrauchsmittel und Geräte	40.000
Reisekosten	70.000
Sonstiges (vor allem Integration Wissenschaft - Angler über Wissensaustausch, Versuchsplanung, Ergebnisbesprechung etc.)	38.000

Bei einer überschlägigen Kalkulation für 20 Gewässer ist mit einer Erhöhung der Personalkosten (Wissenschaftler, Techniker, Promotionsstelle) um 420.000 € zu rechnen, Verbrauchsmittel, Reisekosten und Sonstiges fielen um 60.000 € höher aus. Damit beliefen sich die Gesamtkosten auf etwa 1,6 Mio. €.

Für den in Abschnitt 7.4 beschriebenen Nebenversuch mit der Fischart Hecht wäre für die dort dargestellten Arbeitspakete über einen Zeitraum von insgesamt 4,5 Jahren mit Kosten in Höhe von etwa 450.000 € (etwa 100.000 €jährlich) zu rechnen. In der Kostenschätzung wurde angenommen, dass die Betreuung der Versuchsteiche vor Ort durch eine dort ansässige Person kostenpflichtig erfolgt, die Teiche selbst aber kostenfrei verfügbar sind. Sollte diese Betreuung zumindest zum Teil durch die Promotionsstelle übernommen werden können, ergäbe sich ein Einsparpotenzial von etwa 40.000€.

Titel	€
Personalkosten	
Wissenschaftler und Techniker	170.000
Promotionsstudent/in	200.000
Betreuung Versuchsteiche (Auftragnehmer)	40.000
Verbrauchsmittel und Geräte	22.000
Reisekosten	12.000
Sonstiges (vor allem Integration Wissenschaft - Angler über Wissensaustausch, Versuchsplanung, Ergebnisbesprechung etc.)	3.000

Sollen die skizzierten Untersuchungen mit dem Zander erfolgen, wäre je Durchgang insgesamt mit Kosten von ca. 350.000 Euro (ca. 100.000 € je Jahr) zu rechnen.

8 Suche nach Kooperationspartnern, Kostenteilung

Der in der vorliegenden Machbarkeitsstudie entwickelte Vorschlag für einen Hauptversuch erfordert eine komplexe Versuchsanstellung über einen vergleichsweise langen Zeitraum. Auch der Nebenversuch ist mit einer veranschlagten Laufzeit von mindestens 4,5 Jahren verbunden. Daraus resultieren hohe Kosten.

Gleichzeitig ist die in der Studie zu behandelnde Fragestellung für die Angel- und Erwerbsfischerei und fischereiliche Behörden von hohem Interesse und hoher Aktualität. Daher wurde im Zuge der Machbarkeitsstudie auch das grundsätzliche Interesse einer Kooperation und Kostenbeteiligung bei Fischereiverwaltungen und Anglerverbänden in den Trägerländern des IfB angefragt. Die Reaktionen darauf waren spontan mehrheitlich positiv. Detailliertere Nachfragen blieben jedoch ohne konkrete Zusagen. Der Landesanglerverband Brandenburg teilte explizit mit, dass er sich an einer Studie zur Thematik eines Entnahmefensters nicht beteiligen würde.

9 Zusammenfassung und Empfehlungen für die Umsetzung eines Praxistests zu Effekten einer Entnahmefenster-Regulierung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie fand eine Sichtung und Interpretation von in der Literatur veröffentlichten Studien zu Entnahmeregulierungen in Binnenfischereien über Entnahmefenster im Vergleich zu den in der deutschen Binnenfischerei etablierten Mindestmaßen statt. Dabei wurde deutlich, dass eine Reihe von theoretischen Modellierungen positive Effekte von Entnahmefenstern auf ausgewählte Populationsparameter wie naturnahe Alterststruktur und Rekrutierung prognostizieren und darüber auch die Qualität der anglerischen Nutzung steigen kann. Andere Zielgrößen bleiben dagegen konstant oder können, wie beispielsweise der Biomasseertrag, bei der Anwendung von Entnahmefenstern hinter einer Regulierung über Mindestmaße zurückbleiben. Studien zum tatsächlichen Eintreten modellierter Effekte sind jedoch die Ausnahme und wurden bisher nicht unter den spezifischen Bedingungen und Merkmalen

von Binnenfischereien im norddeutschen Tiefland durchgeführt. In der Konsequenz fehlen aktuell Belege für die Wirkung einer Entnahmefenster-Regulierung im Vergleich zu etablierten Mindestmaß-Regulierungen, was wissensbasierte Entscheidungen in der Praxis behindert.

Bei einer durch Vorträge, Publikationen und Informationen vorbereiteten Recherche zum Interesse von im LSFV Schleswig-Holstein organisierten Angelvereinen an einer Teilnahme signalisierten sieben Vereine eine konkrete Bereitschaft zur Beteiligung. Insgesamt konnten darüber 12 potenziell geeignete Gewässer identifiziert werden, eine Vor-Ort-Inspektion fand jedoch noch nicht statt und könnte diese Zahl verringern. Eine Prüfung der Realisierbarkeit eines alternativen Ansatzes über unbefischte Seen in Schutzgebieten oder große Teiche erbrachte noch weniger konkrete Ansatzpunkte für eine Realisierung. Für einen ebenfalls konzipierten Nebenversuch zur Untersuchung einer Teilfragestellung in einer Versuchsteichanlage mit einer ausreichenden Anzahl identischer Teiche scheinen dagegen Realisierungsmöglichkeiten gegeben zu sein. Im Ergebnis der Bemühungen wird empfohlen, die Absicherung einer Mindestzahl von 20 anglerisch bewirtschafteten Seen für den Hauptversuch durch Kontaktaufnahme mit Anglerverbänden weiterer Bundesländer und anschließende Vor-Ort-Inspektionen vor einer Versuchsaufnahme abzusichern. Wenn das gelingt, wäre der hier als Hauptversuch bezeichnete Ansatz zur Klärung der Fragestellung geeignet (siehe auch Box 3).

Box 3: Untersuchungen in angelfischereilich bewirtschafteten Seen

Stärken und Vorteile

- Untersuchungen unter angelfischerilichen Praxisbedingungen
- Untersuchungen in Gewässern mit natürlichen (bzw. naturnahen) Lebensräumen, Nahrungsketten und Fischzönosen
- Allgemeine Übertragbarkeit auf andere Angelgewässer gegeben
- Integrativen Ansatz gemeinsam mit Anglern und Angelvereinen fördert Akzeptanz der Ergebnisse unter Bewirtschaftern und Anglern
- Möglichkeit der direkten Erfassung von Effekten auf die Fänge und Entnahmen der Angelfischerei

Schwächen und Einschränkungen

- Unterschiedliche Gewässereigenschaften und Fischzönosen erfordern eine hohe Anzahl Replikate.
- Unterschiedlicher Fischereidruck und unterschiedliche Zusammensetzung der Anglerschaft an den Gewässern
- Wahrscheinlichkeit des frühzeitigen Beendens der Kooperation durch Angelvereine ist insbesondere durch die lange Laufzeit der Studie erhöht
- Nicht quantifizierbare Verstöße von Anglern gegen die Bewirtschaftungsvorgaben, z.B. illegale Entnahmen bzw. Zurücksetzen von Fischen und ausbleibende bzw. ungenaue Dokumentationen
- Ungenaue Bestandsschätzungen durch unzureichende Wiederfänge markierter Fische

Auch der in der vorliegenden Studie konzipierte Nebenversuch erscheint realisierbar und hätte das Potenzial, die Basishypothese der Modellierungen der Effekte von Entnahmefenstern im Vergleich zu Mindestmaßen zu prüfen. Allerdings wäre eine Evidenz von Effekten in der anglerischen Praxis nicht direkt ableitbar und die im Hauptversuch im Mittelpunkt stehende integrative gemeinsame Versuchsdurchführung durch Wissenschaftler und Angler nicht in gleichem Maße umsetzbar. Dennoch sprechen einige Punkte für die Realisierung eines solchen Versuchsansatzes (siehe Box 4)

Box 4: Systematische Untersuchungen zur Rekrutierungsstärke unterschiedlich großer bzw. alter Laichfische in Teichen

Stärken und Vorteile

- Einfache und kostengünstige Versuchsdurchführung
- Kontrollierte Umweltbedingungen: Viele Einflussfaktoren können kontrolliert und konstant gehalten werden, um biologische Mechanismen abzubilden.
- Wiederholungen sind einfach zu realisieren.

Schwächen und Einschränkungen

- Mesokosmenexperimente: Möglichkeit des Auftretens von Skaleneffekten und Teicheffekten vermindert Übertragbarkeit auf offene Gewässer
- Auftreten von verstärktem Kannibalismus durch geringe Teichgrößen
- Versuche können lediglich einen Teilaspekt der Wirkung einer Entnahmefenster-Regelung abbilden.
- Externe Einwirkungen können bei kleinen Gewässern die Versuchsergebnisse stark beeinflussen.

In Zusammenfassung der jeweiligen Stärken und Schwächen von Haupt- und Nebenversuch ist festzustellen, dass sich beide Versuchsansätze gut ergänzen. Im Hauptversuch kann ein Vergleich der Wirkungen von Mindestmaß- und Entnahmefenster-regulierten Fischereien *in situ erfolgen*, womit belastbare Ergebnisse unter realen Bedingungen und in gemeinsamer Forschung von Wissenschaft und Praxis erzielbar sind. Der Nebenversuch ist besser plan- und kontrollierbar, kürzer und kostengünstiger. Auch besteht die Möglichkeit zur Ausweitung auf eine zweite Modellart, womit die Problematik weitgehend fehlender Übertragbarkeit von Ergebnissen beim Hecht auf andere Arten gemildert würde.

Vor diesem Hintergrund wird ein kombiniertes stufenweises Vorgehen vorgeschlagen (Abb. 7). In einem ersten Schritt wird die zentrale Hypothese eines höheren Rekrutierungserfolges großer/älterer Laichfische mit den Modellarten Hecht und Zander in Teichen nach dem als Nebenversuch beschriebenen Ansatz geprüft. Dabei wird zunächst nur ein Versuchsdurchgang durchgeführt. Zeitlich parallel dazu werden mindestens 20 Seen für den Hauptversuch selektiert, mit den bewirtschaftenden Vereinen ein Wissens- und Erfahrungsaustausch zur Thematik Entnahmefenster vs. Mindestmaß durchgeführt und gemeinsame Aufnahmen der Hechtbestände in den Untersuchungsseen einschließlich der

Entwicklung von Managementplänen realisiert. In Abhängigkeit von den nach 2,5 Jahren vorliegenden ersten Ergebnissen für den Hecht aus dem Nebenversuch wird über die Aufnahme des Hauptversuchs in den Untersuchungsseen mit der Modellart Hecht entschieden. Fällt die Entscheidung positiv aus, werden die Bewirtschaftungsmaßnahmen eingeführt und das in Abschnitt 7.1 dargestellte Konzept verfolgt. Parallel dazu werden in den Teichen die Nebenversuche mit dem Zander und der zweite Versuchsdurchgang mit dem Hecht fortgeführt. Nach 18 Monaten liegen dafür die Ergebnisse vor und der Nebenversuch wird abgeschlossen. Sollte sich in der Gesamtschau die Ausgangshypothese nicht bestätigen lassen, wird der Hauptversuch beendet. Bei einer Bestätigung der Hypothese wird der Hauptversuch bis Quartal 30 fortgesetzt. Im Zuge der zu diesem Zeitpunkt geplanten Zwischenauswertung werden wiederum Kriterien für eine Beendigung oder Weiterführung des Hauptversuchs bis Quartal 46 festgelegt (Abb. 7).

Die Kosten zur Durchführung der beiden hier empfohlenen Versuchsansätze sind mit 1,1 Mio. € bzw. 450.000 € (zzgl. 350.000 € bei Ausweitung auf zwei Modellarten) erheblich. Eine wesentliche Reduktion wäre nur über eine Verkürzung der Versuchszeit denkbar. Diese ist allerdings durch den Generationszyklus bei der Modellfischart begründet. Eine Verkürzung der Beobachtungszeit würde die Aussagekraft erheblich einschränken. Stattdessen bietet der vorab beschriebene Ansatz einer Verzahnung von Neben- und Hauptversuch einschließlich der Definition von Abbruchkriterien eine Möglichkeit, im Falle einer fehlenden Bestätigung der Basishypothese im Nebenversuch und bei weiteren definierten Kriterien die Untersuchungen zu beenden und damit die Gesamtkosten zu begrenzen. Die Gesamtdauer der Versuchsdurchführung würde sich im Falle des in Abb. 7 vorgeschlagenen Vorgehens allerdings auf bis zu 46 Monate ausdehnen, da praktische Versuchsarbeiten im Hauptversuch erst nach Vorliegen erster Ergebnisse aus dem Nebenversuch begännen.

Auch wenn es aufgrund der Ergebnisse in der ersten Versuchsreihe des Nebenversuchs nicht zu einer Aufnahme von praktischen Versuchsarbeiten mit vergleichenden Entnahmeregelungen im Hauptversuch käme, wären die in den ersten 10 Quartalen durchgeführten Arbeiten als eigenständiges Ergebnis insbesondere für die beteiligten Vereine bereits von erheblichem Nutzen.

Unabhängig von einer Entscheidung für den Versuchsansatz hat die Machbarkeitsstudie die bereits in der Projektskizze im Jahr 2018 formulierte Vermutung bestätigt, dass der Hecht trotz einiger Beschränkungen (siehe Box 2) die geeignetste Modellart für die Versuchsdurchführung darstellt. Es wird empfohlen, den Hauptversuch mit dieser Art durchzuführen. Für den Nebenversuch empfehlen wir, den Zander als zweite Modellart neben dem Hecht zu wählen.

Tab. 7: Zeitplan (Quartale), Ablaufplanung von Neben- und Hauptversuch sowie Vorschlag von Abbruchkriterien

Quartal	Stand Nebenversuch	Stand Hauptversuch	Abbruchkriterien
0	Teiche ausgewählt, Bespannung und Besatz vorbereitet, Personal gebunden, Start Versuchsreihen Hecht und Zander	Mindestens 20 geeignete Seen mit interessierten Vereinen identifiziert und inspiziert, Tierversuchsanträge gestellt, Kooperationsverträge unterzeichnet	Keine ausreichende Anzahl Teiche/Seen identifiziert
10	Ergebnisse aus erster Versuchsreihe Hecht liegen vor, Start zweite Versuchsreihe Hecht	Schulungen und Wissensaustausch mit Anglern durchgeführt, Ist-Zustand für Hechtbestände erfasst, Bewirtschaftungskonzepte entsprechend Studiendesign vereinbart, Tierversuchsgenehmigung liegt vor	Ergebnisse aus erster Versuchsreihe stützen Basishypothesen nicht Keine Erteilung von Tierversuchsgenehmigungen
14	Ergebnisse aus erster Versuchsreihe Zander liegen vor	Bewirtschaftungsmaßnahmen sind eingeführt und werden erfolgreich und verlässlich umgesetzt	Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht praktikabel oder abzusichern Anzahl Gewässer Hauptversuch sinkt auf <12
18	Ergebnisse aus zweiter Versuchsreihe Hecht liegen vor, Ende Nebenversuch	Bewirtschaftungsmaßnahmen werden umgesetzt	Ergebnisse Nebenversuch stützen Basishypothese nicht Anzahl Gewässer Hauptversuch sinkt auf <12
30		Bewirtschaftungsmaßnahmen werden umgesetzt, Zwischenauswertung	Maßnahmen nicht dauerhaft verlässlich umsetzbar Anzahl Gewässer Hauptversuch sinkt auf <12
46		Ende Hauptversuch	

10 Literaturverzeichnis

Ahrens, R. N. M., et al. (2020). "Saving large fish through harvest slots outperforms the classical minimum-length limit when the aim is to achieve multiple harvest and catch-related fisheries objectives." Fish and Fisheries **21**(3): 483-510.

Allen, M. S., et al. (2013). "Dynamic angling effort influences the value of minimum-length limits to prevent recruitment overfishing." Fisheries Management and Ecology **20**(2-3): 247-257.

Anderson, R. O. (1974). Influence of mortality rate on production and potential sustained harvest of largemouth bass populations. In: Symposium on overharvest and management of largemouth bass in small impoundments. AFS-Special Publication ; **3**: 18-28

Anderson, R. O. (1976). "Management of small warm water impoundments." Fisheries **1**(6):5-28

Arlinghaus, R., et al. (2016). Hechtbestandsmanagement in der Angelfischerei - Möglichkeiten und Grenzen der Hege über Besatz, Habitatmanagement und veränderte Fang- und Entnahmebestimmungen. Fisch des Jahres 2016 - Der Hecht (Esox lucius), Deutscher Angelfischerverband e.V.**:** 19-53.

Arlinghaus, R., et al. (2018). Recreational Piking - Sustainably Managing Pike in Recreational Fisheries. Biology and Ecology of Pike. C. S. P. Anders Nilsson, CRC Press**:** 288-336.

Arlinghaus, R., et al. (2015). Hand in Hand für eine nachhaltige Angelfischerei: Ergebnisse und Empfehlungen aus fünf Jahren praxisorientierter Forschung zu Fischbesatz und seinen Alternativen. , Berichte des IGB.

Arlinghaus, R., et al. (2010). "The conservation and fishery benefits of protecting large pike (Esox lucius L.) by harvest regulations in recreational fishing." Biological Conservation **143**(6): 1444-1459.

Arlinghaus, R. and T. Mehner (2004). "A management-orientated comparative analysis of urban and rural anglers living in a metropolis (Berlin, Germany)." Environmental Management **33**(3): 331-344.

Arlinghaus, R., et al. (2016). "Einheitsfanganalysen als praxisnahes Hilfsmittel zur Abschätzung der Fischbestandsentwicklung in Binnengewässern." Fischerei & Fischmarkt in M-V. **2/2916**: 30-41.

Ayllón, D., et al. (2019). "Optimal harvest regulations under conflicting tradeoffs between conservation and recreational fishery objectives." Fisheries Research **216**: 47-58.

Ayllón, D., et al. (2018). "Eco-evolutionary responses to recreational fishing under different harvest regulations." Ecology and Evolution **8**(19): 9600-9613.

Billard, R. (1996). Reproduction of pike: gametogenesis, gamete biology and early development. Pike, Springer**:** 13-43.

Birkeland, C. and P. K. Dayton (2005). "The importance in fishery management of leaving the big ones." Trends in Ecology & Evolution **20**(7): 356-358.

Bond, M., et al. (2016). Response of fish populations to novel and traditional harvesting regulations. British Ecological Society - Annual Meeting 2016. Liverpool.

Bond, M., et al. (2018). Response of fish populations to novel and traditional harvesting regulations. Fisheries Society of the British Isles Symposium. University of East Anglia, Großbritainien.

Brousseau, C. S. and E. R. Armstrong (1987). "The Role of Size Limits in Walleye Management." Fisheries **12**(1): 2-5.

Carlson, A. K. (2016). "Trophy northern pike: the value of experimentation and public engagement." Reviews in Fisheries Science & Aquaculture **24**(2): 153-159.

Clark, R. D., et al. (1980). "Mathematical Description of Trout-Stream Fisheries." Transactions of the American Fisheries Society **109**(6): 587-602.

Crane, D. P., et al. (2015). "Muskellunge and Northern Pike ecology and management: important issues and research needs." Fisheries **40**(6): 258-267.

Edeline, E., et al. (2009). "Harvest-induced disruptive selection increases variance in fitness-related traits." Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **276**(1676): 4163-4171.

Ensinger, J., et al. (2016). Charakterisierung und Perspektiven der Angelfischerei in Nordostdeutschland. . Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow. **44:** 110 S.

Francis, R. C., et al. (2007). "Ten commandments for ecosystem-based fisheries scientists." Fisheries **32**(5): 217-233.

García-Asorey, M. I., et al. (2011). "Conflicting objectives in trophy trout recreational fisheries: evaluating trade-offs using an individual-based model." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **68**(11): 1892-1904.

Grimm, M. P. (1989). "Northern pike (Esox lucius L.) and aquatic vegetation, tools in the management of fisheries and water quality in shallow waters." Hydrobiological Bulletin **23**(1): 59-65.

Gwinn, D. C., et al. (2015). "Rethinking length-based fisheries regulations: the value of protecting old and large fish with harvest slots." Fish and Fisheries **16**(2): 259-281.

Hixon, M. A., et al. (2013). "BOFFFFs: on the importance of conserving old-growth age structure in fishery populations." ICES Journal of Marine Science **71**(8): 2171-2185.

Höhne, L., et al. (2020). "Environmental determinants of perch (Perca fluviatilis) growth in gravel pit lakes and the relative performance of simple versus complex ecological predictors." Ecology of Freshwater Fish, accepted.

Hühn, D., et al. (2014). "Impacts of external and surgery-based tagging techniques on small northern pike under field conditions." North American Journal of Fisheries Management **34**(2): 322-334.

Hühn, D., et al. (2014). "Natural recruitment, density-dependent juvenile survival, and the potential for additive effects of stock enhancement: an experimental evaluation of stocking northern pike (Esox lucius) fry." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **71**(10): 1508-1519.

Jensen, A. L. (1981). "Optimum Size Limits for Trout Fisheries." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **38**(6): 657-661.

Johnston, F. D., et al. (2013). "Fish life history, angler behaviour and optimal management of recreational fisheries." Fish and Fisheries **14**(4): 554-579.

Koehn, J. D. and C. R. Todd (2012). "Balancing conservation and recreational fishery objectives for a threatened fish species, the Murray cod, Maccullochella peelii." Fisheries Management and Ecology **19**(5): 410-425.

Koupal, K. D., et al. (2015). "Sex-specific changes in Walleye abundance, size structure and harvest following implementation of regulation to protect broodstock." Journal of Fish and Wildlife Management **6**(2): 448-455.

Law, R., et al. (2012). "On balanced exploitation of marine ecosystems: results from dynamic size spectra." ICES Journal of Marine Science **69**(4): 602-614.

Le Bris, A., et al. (2015). "Modelling the effects of variation in reproductive traits on fish population resilience." ICES Journal of Marine Science **72**(9): 2590-2599.

Lenker, M. A., et al. (2016). "Developing Recreational Harvest Regulations for an Unexploited Lake Trout Population." North American Journal of Fisheries Management **36**(2): 385-397.

Lübke, K. (2013). Der Beitrag von Hechtbrutbesatz zum natürlichen Aufkommen von Hechten (Esox lucius Linnaeus, 1758): Ein Experiment unter Teichbedingungen. Universität Rostock / Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) in Berlin. **Diplomarbeit**.

Matsumura, S., et al. (2011). "Assessing evolutionary consequences of size-selective recreational fishing on multiple life-history traits, with an application to northern pike (Esox lucius)." Evolutionary Ecology **25**(3): 711-735.

Moreau, C. M. and B. G. Matthias (2018). "Using Limited Data to Identify Optimal Bag and Size Limits to Prevent Overfishing." North American Journal of Fisheries Management **38**(3): 747-758.

Noble, R. L. and T. W. Jones (1999). Managing fisheries with regulations. Inland Fischeries Management in North America. C. C. Kohler and W. A. Hubert. Bethesda, American Fisheries Society**:** 455-480.

Nordwall, F., et al. (2000). "Comparing size-limit strategies for exploitation of a self-thinned stream fish population." Fisheries Management and Ecology **7**(5): 413-424.

Pagel, T. (2009). Determinants of individual reproductive success in a natural pike (Esox lucius L.) population: a DNA-based parentage assignment approach, Humboldt-Universität zu Berlin. **Masterarbeit**.

Pagel, T., et al. (2015). "Thermal and maternal environments shape the value of early hatching in a natural population of a strongly cannibalistic freshwater fish." Oecologia **178**(4): 951-965.

Persson, L., et al. (2003). "Gigantic cannibals driving a whole-lake trophic cascade." Proceedings of the National Academy of Sciences **100**(7): 4035-4039.

Pierce, R. B. (2010). "Long-Term Evaluations of Length Limit Regulations for Northern Pike in Minnesota." North American Journal of Fisheries Management **30**(2): 412-432.

Pierce, R. B. and C. M. Tomcko (1993). "Management Briefs: Tag Loss and Handling Mortality for Northern Pike Marked with Plastic Anchor Tags." North American Journal of Fisheries Management **13**(3): 613-615.

Pierce, R. B. and C. M. Tomcko (2003). "Interrelationships among Production, Density, Growth, and Mortality of Northern Pike in Seven North-Central Minnesota Lakes." Transactions of the American Fisheries Society **132**(1): 143-153.

Pierce, R. B. and C. M. Tomcko (2005). "Density and biomass of native northern pike populations in relation to basin-scale characteristics of north-central Minnesota lakes." Transactions of the American Fisheries Society **134**(1): 231-241.

Pierce, R. B., et al. (2003). "Density Dependence in Growth and Size Structure of NorthernPike Populations." North American Journal of Fisheries Management **23**(1): 331-339.

Raat, A. J. (1988). Synopsis of biological data on the northern pike (Esox luciusLinnaeus, 1758) FAO Fisheries Synopsis 30, Review 2. FAO, Rome, Italy: 178

Scarnecchia, D. L., et al. (1989). "Rationale for a Harvest Slot Limit for Paddlefish in the Upper Mississippi River." North American Journal of Fisheries Management **9**(4): 477-487.

Schäfer (2016). Reproductive management and gamete quality in pikeperche (Sander lucioperca). Lebenswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin. **Ph.D.:** 144.

Schälicke, S., et al. (2012). Strukturierende Faktoren der litoralen Fischartengemeinschaft angelfischereilich bewirtschafteter Baggerseen in Niedersachsen. Forschungsbericht des Besatzfisch Projekts. Berlin, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei**:** 73.

Stubberud, M. W., et al. (2019). "Effects of size- and sex-selective harvesting: An integral projection model approach." Ecol Evol **9**(22): 12556-12570.

Tiainen, J., et al. (2017). "The capability of harvestable slot-length limit regulation in conserving large and old northern pike (Esox lucius)." Boreal Environment Research **22**: 169-186.

Tiainen, J. M., et al. (2014). The effects of size-selective fishing on pike populations. Perspectives on Sustainable Fisheries Management: Case Examples from Sweden and Finland, Future Missions**:** 3-6.

Vainikka, A., et al. (2017). "Model-based evaluation of the management of pikeperch (Sander lucioperca) stocks using minimum and maximum size limits." Boreal Environment Research **22**: 187-212.

Vasilakopoulos, P., et al. (2011). "Misspent youth: does catching immature fish affect fisheries sustainability?" ICES Journal of Marine Science **68**(7): 1525-1534.

Venturelli, P. A., et al. (2010). "Maternal influences on population dynamics: evidence from an exploited freshwater fish." Ecology **91**(7): 2003-2012.

von Bertalanffy, L. (1938). "A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II)." Human Biology **10**(2): 181-213.

11 Anhang

11.1 Kurzdarstellungen (Abstracts) der bei der Literaturrecherche als besonders relevant eingestuften Artikel

Ahrens, R. N. M., M. S. Allen, C. Walters & R. Arlinghaus. 2020. Saving large fish through harvest slots outperforms the classical minimum-length limit when the aim is to achieve multiple harvest and catch-related fisheries objectives. Fish and Fisheries 21(3): 483-510.

> We address the problem of optimal size-selective exploitation in an age-structured fish population model by systematically examining how density and size dependency in growth, mortality and fecundity affect optimal harvesting patterns when judged against a set of fisheries objectives. The study offers five key insights. First, while minimum-length limits often maximize the biomass yield, exploitation using harvest slots (i.e. regulations that protect both immature and very large individuals) can generate within 95 % of maximum yield; harvest slots also generally maximize the number of fish that are harvested. Second, density dependence in growth and size-dependent mortality predict more liberal optimal size limits than those derived under assumptions of no density and size dependence. Third, strong density dependence in growth maximizes the catch of trophy fish only when modest harvest is introduced; the same holds for numbers harvested, when the stock-recruitment function follows the Ricker type. Fourth, the inclusion of size-dependent maternal effects on fecundity or egg viability has only limited effects on optimal size limits, unless the increase in fecundity with mass ("hyperallometry") is very large. However, large hyperallometry in fecundity shifts the optimal size limit for biomass yield from the traditional minimum-length limit to a harvest slot. Fifth, harvest slots generally provide the best compromises among multiple objectives. We conclude that harvest slots, or more generally dome-shaped selectivity to harvest, can outperform the standard minimum-length selectivity. The exact configuration of optimal size limits crucially depends on objectives, local fishing pressure, the stock-recruitment function, and the density and size dependency of growth, mortality and fecundity.

Ayllón, D., G. G. Nicola, B. Elvira & A. Almodóvar. 2019. Optimal harvest regulations under conflicting tradeoffs between conservation and recreational fishery objectives. Fisheries Research 216: 47-58.

> Length-based harvest regulations alter the fishing-induced demographic and evolutionary trajectories of exploited stocks and thus shape the existing tradeoffs among fishery and conservation objectives. We used a structurally realistic eco-genetic individual-based harvest model that implements dynamic angling mortality and cryptic mortality sources (illegal harvest and hooking mortality). We (1) analyzed the effects of alternative length-based harvest regulations under scenarios involving different combinations of exploitation intensity and hooking mortality on a suite of indicators of fishery performance and conservation status of a freshwater fish stock, and (2) determined the regulations that optimize the tradeoff among selected indicators under different management strategies, and fishery and conservation objectives. Fishing scenarios under a maximum-length limit

regulation maximized harvest yield but led always to recruitment overfishing, irrespective of the exploitation and hooking mortality rates simulated. Fishing scenarios under a harvest slot limits regulation (HS) were best at maintaining a high status of old, large, fecund fish and a more natural age-structure with higher biomass and reproductive potential, performing increasingly better than minimum-length limit (MLL) regulations with decreasing hooking mortality. Both regulation types were effective at preventing overexploitation and only under scenarios with low restrictiveness and high exploitation intensity and hooking mortality was the stock at risk of recruitment overfishing. MLLs outperformed HS regulations in terms of fishery performance, consistently presenting greater harvest yield and efficiency, and size of harvested fish. High rates of hooking mortality rendered HS regulations less effective than assumed, so they were always outperformed by MLLs irrespective of the management strategy and objectives. When hooking mortality was low, HSs constituted the optimal regulation type in most cases except when high fishery performance was favored over conservation objectives or harvest of large fish was regarded as critically important.

Arlinghaus, R., S. Matsumura & U. Dieckmann. 2010. The conservation and fishery benefits of protecting large pike (*Esox lucius* L.) by harvest regulations in recreational fishing. Biological Conservation 143(6): 1444-1459.

Traditional fisheries management theory supports aggressive exploitation of old and large fish to maximize a stock's biomass production and yield. Here we present an age-structured fish population model with multidimensional density-dependence to test the hypotheses that protection of large, fecund individuals is beneficial for the population and selected fisheries variables and that effects of maternal size on early survival rate change the resilience and fisheries productivity of a pike population (*Esox lucius* L.) exploited by recreational angling. We find that, compared to the traditional regulatory approach of management by small minimum-length limits (so that culling of large fish is encouraged), preservation of large and old individuals through harvestable-slot length limits promises considerable benefits for fisheries quality, without compromising the long-term conservation of the population. We also find that ignoring maternal effects on early survival of offspring might overestimate the equilibrium spawning stock abundance by up to 17 % and the predicted harvest by up to 11 %, potentially putting pike populations at risk from overharvest if size-dependent maternal effects are ignored in fisheries models. If the findings from our simulation study hold for empirical systems, they suggest altered harvest regulations in many of consumptive pike recreational fisheries are needed to protect large individuals to a greater extent that currently pursued.

Clark, R. D., G. R. Alexander & H. Gowing. 1980. Mathematical Description of Trout-Stream Fisheries. Transactions of the American Fisheries Society 109(6): 587-602.

A mathematical model of trout-stream fisheries was developed that can be used to evaluate a variety of fishing regulations. Density-dependent mortality was found in the first 2 years of life for each of the two brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and three brown trout (*Salmo trutta*) populations studied in Michigan. Regression equations were used to describe the density-dependent relationships for modeling purposes. Equations were

developed that used mortality, growth, and length-frequency information to calculate the number of fish in a population, number caught and harvested, number caught and released, number of deaths due to hooking mortality, number of natural deaths, and number recruited for any time period and age-group. Also, addition of a length-weight regression allowed equations to be developed for calculating yield in weight harvested, yield in weight caught and released, and gross biomass production for any time period and age-group. Effects of imposing different types of length limits, including minimum, inverted, or slot limits, can be analyzed with this mathematical technique. Fishing mortality and hooking mortality can be adjusted to simulate values typical for different gear types. In addition, consequences of seasonal fluctuations in growth and fishing mortality, including shifts in length of fishing season or time frame, can be assessed. The equations were incorporated into a computer simulator, TROUT.DYNAMICS, and the brown trout fishery in a section of the Au Sable River, Michigan, was simulated for a period in the past and a period in the future to demonstrate applications of the model.

García-Asorey, M. I., G. Escati-Peñaloza, A. M. Parma & M. A. Pascual. 2011. Conflicting objectives in trophy trout recreational fisheries: evaluating trade-offs using an individual-based model. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68(11): 1892-1904.

Standard fisheries models, based on average population metrics, are inadequate for analyzing recreational fisheries where fishing is size-selective and management objectives are related to preserving population size structure. We developed a framework for policy analysis of size-based harvest strategies in recreational fisheries. The framework combines a mixed-effects body growth model and an individual-based harvest model to describe the relationship of growth, mortality, and size structure. Fishery performance is quantified with indicators directly associated to catch-related components of anglers' satisfaction: yield (kg), population size, and availability of trophy-size fish. We applied our analyses to the steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) fishery in the Santa Cruz River (Patagonia, Argentina). Large declines in trophy-size fish are to be expected at fishing mortalities much too low to cause a sizeable decline in recruitment from virgin values. When somatic growth is density-independent, harvest occurs at the expense of other indicators associated with the quality of fishing experienced by individual anglers. Size limits provide a tool to better accommodate harvest without compromising fishing quality. When preserving population size is favored over preserving trophy-size fish, minimum size limits constitute the best policy overall, whereas maximum size limits are best when the emphasis is on preserving trophy-size fish.

Gwinn, D. C., M. S. Allen, F. D. Johnston, P. Brown, C. R. Todd & R. Arlinghaus. 2015. Rethinking length-based fisheries regulations: the value of protecting old and large fish with harvest slots. Fish and Fisheries 16(2): 259-281.

Managing fisheries using length-based harvest regulations is common, but such policies often create trade-offs among conservation (e. g. maintaining natural age-structure or spawning stock biomass) and fishery objectives (e. g. maximizing yield or harvest numbers). By focusing harvest on the larger (older) fish, minimum-length limits are thought to maximize biomass yield, but at the potential cost of severe age and size

truncation at high fishing mortality. Harvest-slot-length limits (harvest slots) restrict harvest to intermediate lengths (ages), which may contribute to maintaining high harvest numbers and a more natural age-structure. However, an evaluation of minimum-length limits vs. harvest slots for jointly meeting fisheries and conservation objectives across a range of fish life-history strategies is currently lacking. We present a general age- and size-structured population model calibrated to several recreationally important fish species. Harvest slots and minimum-length limits were both effective at compromising between yield, numbers harvested and catch of trophy fish while conserving reproductive biomass. However, harvest slots consistently produced greater numbers of fish harvested and greater catches of trophy fish while conserving reproductive biomass and a more natural population age-structure. Additionally, harvest slots resulted in less waste in the presence of hooking mortality. Our results held across a range of exploitation rates, life-history strategies and fisheries objectives. Overall, we found harvest slots to represent a valuable option to meet both conservation and recreational fisheries objectives. Given the ubiquitous benefits of harvest slots across all life histories modelled, rethinking the widespread use of minimum-length limits is warranted.

Jensen, A. L. 1981. Optimum Size Limits for Trout Fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38(6): 657-661.

Application of conventional stock assessment methods to total catch of sport fisheries give neither optimum size limits nor optimum effort; as size limits decrease and effort increases total yield increases asymptotically. In this study total catch is separated into non-trophy and trophy catch; trophy catch has an optimum with respect to fishing effort. Increasing trophy catch decreases total catch, so to optimize the fishery a value is assigned to each category of catch. Optimum size limits for both conventional and slot limits are examined. A slot limit attempts to increase trophy catch without causing a substantial decrease in total catch. Fish are illegal until they reach some minimum size, then they are legal until they reach a certain size or age. They are then again illegal until they reach a trophy size. The results indicate recruitment age should be the smallest size acceptable to fishermen unless trophy fish have a very high value. With conventional size limits total catch decreases rapidly as age at entry increases and fishing effort decreases. Optimum slot limits are determined; slot limits produce a small increase in trophy catch and do not cause a large decrease in total catch.

Koehn, J. D. & C. R. Todd. 2012. Balancing conservation and recreational fishery objectives for a threatened fish species, the Murray cod, *Maccullochella peelii.* Fisheries Management and Ecology 19(5): 410-425.

Murray cod *Maccullochella peelii* (Mitchell) is a large, iconic Australian fish species targeted by anglers but also listed as nationally threatened. A consultative process that included conservation and fishery interests helped to develop a population model for this species and agree on management scenarios to be tested. The modelled scenarios illustrated that threats to populations (risk of decline) can be substantially reduced and catch rates increased through harvest slot length limits (HSLL) rather than minimum legal limits (MLL). A 600- to 1000-mm HSLL provided lower risk of decline and greater catch

rates than the existing 500-mm MLL, but better results were achieved with a 400- to 600-mm HSLL. Importantly, a range of other impacts (fish kills, stocking, thermal impacts, larval mortalities, habitat changes) were recognized and incorporated. This study provides an example of the utility of a population model to improve management decision-making for both conservation and fishery objectives.

Koupal, K. D., J. D. Katt, C. W. Schoenebeck & B. E. Eifert. 2015. Sex-specific changes in Walleye abundance, size structure and harvest following implementation of regulation to protect broodstock. Journal of Fish and Wildlife Management 6(2): 448-455.

The popularity of walleye *Sander vitreus* fishing has resulted in the development of specialized regulations that are designed to protect these fisheries. In the case of Sherman Reservoir, Sherman County, Nebraska, the walleye population provides a sport fishing opportunity and serves as broodstock for the state. In 2009, for the primary purpose of protecting female broodstock, the regulation changed from a harvest limit of four walleye with 457-mm minimum length to allowing a reduced harvest limit of two walleye within a harvest slot (381–508 mm) and one walleye more than 711 mm. This study examined existing data sets to assess the percentage of spawning walleye protected with each regulation, sex-specific differences in relative abundance and size structure during broodstock collection and angler effort, total catch, and harvest of walleye. The new regulation has increased protection of female walleye by more than 90 %, but decreased protection of male walleye by more than 60 %. The relative abundance of female walleye caught per net during broodstock collection has more than doubled since the regulation was changed, but the size structure of female walleye collected during broodstock operations was similar. Correspondingly, the relative abundance of male walleye has declined since changing the regulation, but size structure remained similar. Effort and total catch of walleye by anglers were similar before and after the regulation was enacted, but harvest has increased by 130 %. This regulation appears to protect female broodstock walleye, but it makes male walleye more vulnerable to angler harvest.

Law, R., M. J. Plank & J. Kolding. 2012. On balanced exploitation of marine ecosystems: results from dynamic size spectra. ICES Journal of Marine Science 69(4): 602-614.

Fisheries are often managed to protect small young fish and to harvest big old fish. This can be wasteful, leading to large parts of catches being discarded. A recent suggestion is that it could be better to distribute fishing more widely across species and body sizes, balancing it more closely to the natural productivity of different organisms. Here, we test effects of such fishing against more traditional methods using a model of a single fish species with a dynamic size spectrum together with a fixed spectrum of plankton. This has the feature that productivity is determined by the bookkeeping of biomass in the model, and decreases as fish grow larger. The results show that harvesting smaller fish (which have higher productivity) allows a greater sustainable biomass yield than harvesting larger fish (which have lower productivity); the greater spawning-stock biomass that comes from protecting large fish contributes to this. Balanced exploitation brings fishing mortality more in line with this natural variation in productivity. In addition,

the resilience of the ecosystem to perturbations can be improved, and disruption to the size distribution of organisms in the ecosystem reduced. We argue that there are potentially real benefits to be gained by moving towards more balanced exploitation of marine ecosystems, unconventional though this is.

Le Bris, A., A. J. Pershing, C. M. Hernandez, K. E. Mills & G. D. Sherwood. 2015. Modelling the effects of variation in reproductive traits on fish population resilience. ICES Journal of Marine Science 72(9): 2590-2599.

Preserving larger fish is often advocated as a conservation measure to help fish populations buffer environmental variation and fishing pressure. The rationale is that several size- and age-dependent reproductive traits confer a higher reproductive value to larger fish. The effects of variation in these reproductive traits on the dynamics of populations under various fishing patterns are however seldom evaluated. In this study, we develop a simulation model to evaluate how variation in three reproductive traits (fecundity-mass, hatching probability, and batch spawning) impacts the capacity of a fish population to withstand and recover from high fishing pressure. Biological functions of the model were calibrated based on the Gulf of Maine Atlantic cod stock, which is currently experiencing its lowest biomass level ever estimated. Results showed that variation in the shape of the fecundity–mass relationship had the most substantial impact on population resistance and recovery. Batch spawning and variation in hatching probability had limited impacts. Furthermore, results showed that preserving larger fish by imposing a slot fishery increased the resistance of the population to high fishing pressure, because it helped preserve the population reproductive potential determined by the high fecundity of large fish. The slot fishery, however, impeded population recovery, because it distributed the fishing pressure on intermediate-size classes which potential for biomass growth is maximal. This study underlines the importance of using precise size-dependent fecundity estimates when evaluating the productivity and sustainability of fisheries, as well as the importance of identifying priority among the components of population resilience (e.g. resistance or recovery) before implementing size-selective harvest strategies.

Lenker, M. A., B. C. Weidel, O. P. Jensen & C. T. Solomon. 2016. Developing Recreational Harvest Regulations for an Unexploited Lake Trout Population. North American Journal of Fisheries Management 36(2): 385-397.

Developing fishing regulations for previously unexploited populations presents numerous challenges, many of which stem from a scarcity of baseline information about abundance, population productivity, and expected angling pressure. We used simulation models to test the effect of six management strategies (catch and release; trophy, minimum, and maximum length limits; and protected and exploited slot length limits) on an unexploited population of Lake Trout *Salvelinus namaycush* in Follensby Pond, a 393-ha lake located in New York State's Adirondack Park. We combined field and literature data and mark-recapture abundance estimates to parameterize an age-structured population model and used the model to assess the effects of each management strategy on abundance, catch per unit effort (CPUE), and harvest over a range of angler effort (0-2,000 angler-days/year). Lake Trout density (3.5 fish/ha for fish ≥ age 13, the estimated age at

maturity) was similar to densities observed in other unexploited systems, but growth rate was relatively slow. Maximum harvest occurred at levels of effort ≤ 1,000 angler-days/year in all the scenarios considered. Regulations that permitted harvest of large post maturation fish, such as New York's standard Lake Trout minimum size limit or a trophy size limit, resulted in low harvest and high angler CPUE. Regulations that permitted harvest of small and sometimes immature fish, such as a protected slot or maximum size limit, allowed high harvest but resulted in low angler CPUE and produced rapid declines in harvest with increases in effort beyond the effort consistent with maximum yield. Management agencies can use these results to match regulations to management goals and to assess the risks of different management options for unexploited Lake Trout populations and other fish species with similar life history traits.

Moreau, C. M. & B. G. Matthias. 2018. Using Limited Data to Identify Optimal Bag and Size Limits to Prevent Overfishing. North American Journal of Fisheries Management 38(3): 747-758.

Bag and size limits are commonly used in recreational fisheries management, but these regulations are often treated as separate management tools. This effectively overlooks how bag and size limits can be simultaneously used to achieve multiple management outcomes (e. g., reduce exploitation, prevent overfishing, maximize angler acceptance, etc.). Our objectives were to combine data-limited stock assessment methods with an angler catch simulation and a yield-per-recruit model to assess the effectiveness of bag and size limits to decrease exploitation rates and improve the spawning potential ratio (SPR). We then applied these methods to the Kipawa Lake Walleye *Sander vitreus* fishery that has experienced overfishing and poor fishing quality. Using data-limited assessment methods, the exploitation rate was estimated at 0.45 (95 % CI=0.32–0.59) and the population was overfished (mean SPR=0.06; 95 % CI=0.02–0.13). Bag limits significantly reduced total harvest when extremely restrictive (i. e., reduced to one fish per angler from the current limit of six), but changes in bag limits alone were not sufficient to prevent overharvest because SPR remained below 0.35. Size limits could be used to prevent overharvest with narrow harvest slots (up to a 14-cm slot range with a minimum harvestable size greater than 32 cm) or large minimum size limits (>52 cm) at the current bag limit of six. When bag limits were reduced to one or two fish per day, harvest windows could be 3–13 cm larger and minimum length limits could be 3–12 cm lower to prevent overharvest. This analysis outlines a relatively simple and effective method that can be applied using data commonly collected in annual agency surveys to predict which regulatory combinations can be used to prevent overharvest, reduce exploitation rates, and maximize angler satisfaction and acceptance of regulations. Finally, the data and model code are included in the Supplement and can be easily applied to other data limited fisheries.

Nordwall, F., P. Lundberg & T. Eriksson. 2000. Comparing size-limit strategies for exploitation of a self-thinned stream fish population. Fisheries Management and Ecology 7(5): 413-424.

There is increasing evidence that territorial stream fish populations exhibit some degree of self-thinning. Four size-limit strategies were examined, under which a size-structured model population exhibiting self-thinning was exploited. The effects of: (1) increased minimum-size limits; (2) protection of spawners; (3) decreasing maximum-size limits; and (4) slot limits (prescribe lower and upper size limits of fish that must be released) were analysed in terms of population size and mean body size in the population after harvest. Biomass and numbers harvested, mean size of fish taken and proportions of different sizes in the population after harvesting were also analysed. Combinations of high exploitation rates and high minimum-size limits maximized both the number and biomass harvested while it favoured post-harvest abundance and the proportion of larger sizes in the population. When harvest rates and minimum-sizes were increased, the combinations of these that maintained or increased yield were successively narrowed. Protection of spawners and slot limits did not come close to reaching the levels of post-harvest abundance, yield, positive size structure and endpoints of harvest rates that were obtained with a high minimum size applied to the fishery. Maximum-size limits favoured the abundance of smaller size-classes. The results emphasize the advantages of setting the largest sizes of fish in the population as a minimum size that can legally be retained.

Pierce, R. B. (2010). "Long-Term Evaluations of Length Limit Regulations for Northern Pike in Minnesota." North American Journal of Fisheries Management 30(2): 412-432.

The effects of maximum, minimum, and slot length limits on the sizes and relative abundance of northern pike Esox lucius were evaluated in 22 Minnesota lakes. The regulations were implemented in 1989–1998 and lasted 9–15 years. As preregulation information was available back to the 1970s, the evaluation periods covered 21–37 years. Comparisons were made with reference populations from 47 ecologically similar lakes during the same extended period. Although the regulations did not achieve management objectives in every lake, the broader-scale, statewide finding was that they improved the size structure of northern pike populations but produced no consistent trends in relative abundance. The improvements were detected against the backdrop of reference populations that initially appeared to have similar sizes and relative abundances. Maximum length limits protecting fish over 20, 22, and 24 in produced significant long-term increases in the percentages of northern pike 24 in and longer and 30 in and longer compared with the reference populations. Lakes with 30-in minimum length limits had increased percentages of northern pike 20 in and longer, but the improvements did not carry over to fish 30 in and longer. A mix of slot length limits produced results that are more difficult to interpret but generally improved size structure. A metaanalysis incorporating all of the length regulations indicated that the changes in northern pike size structure in regulated lakes were very large for an ecological experiment. Length limits protected large northern pike, with the expectation that lower yields were an acceptable trade-off for producing larger fish for recreational fisheries. This study reveals the range and magnitude of responses we can reasonably expect from length limits as well as the substantial value of conserving large fish when the goal is improved population size structure.

Scarnecchia, D. L., T. W. Gengerke & C. T. Moen. 1989. Rationale for a Harvest Slot Limit for Paddlefish in the Upper Mississippi River. North American Journal of Fisheries Management 9(4): 477-487.

In this paper, data are reviewed on the lengths, weights, and sex of paddlefish *Polyodon spathula* captured by snagging and by nets from eight pools of the upper Mississippi River in 1975?1978 and by snagging from Pool 13 in 1988. Fisheries were targeted on the largest specimens, which were typically mature females. From 1975 to 1978, only 7 of 315 male fish (2.2 %) exceeded 114 cm in fork length, whereas 41 of 288 females (14.2 %) exceeded that length. Only two males (0.6 %) exceeded 11 years of age, whereas 22 females (7.6 %) were older than age 11. Thus, among fish longer than 114 cm, there were 5.9 females harvested for every male, a highly significant difference between the sexes (P<0.005). Of the 33 fish sampled in 1988 that exceeded 114 cm in fork length, 28 were females and 5 were males (5.6 females for every male). Although mature females constituted only 5.9 % of the fish sampled from the population in 1975-1978, they were the primary spawners, and they are avidly sought and selected for by anglers. To protect large female spawners, rebuild the fishery, and prevent harvest of small paddlefish with substantial growth potential, a harvest slot limit of 57-86 cm for body length (front of eye to fork of tail) or 2.2-11.3 kg for weight is proposed for paddlefish in Iowa's portion of the Mississippi River. Fish larger or smaller than these limits would be protected from harvest. Management considerations include possible alternatives, public acceptance of the regulation, hooking and handling mortality, the need for evaluation and enforcement, and coordination among states.

Tiainen, J., M. Olin, H. Lehtonen, K. Nyberg & J. Ruuhijärvi. 2017. The capability of harvestable slot-length limit regulation in conserving large and old northern pike (*Esox lucius*). Boreal Environment Research 22: 169-186.

In this experimental fisheries regulation study, we compared the effects of size-selective fishing according to minimum length limit (MLL, 40 cm) or harvestable slot-length limit (HSL, 40–64.9 cm) on population density, biomass, size and age structures, and sex ratio of the northern pike (*Esox lucius*). Data were collected during the years 2006–2013 in four 2.1–13.8 ha pristine forest lakes in southern Finland. In lakes where MLL fishing was carried out, pike density, biomass and size structure showed greater negative responses than in lakes where HSL fishing was carried out: mean length and age decreased, and large pike (≥65 cm) disappeared in just four years. HSL fishing affected the pike to a lesser extent, and large pike remained in the lakes, which is considered an essential feature of sustainable fishing. However, the results suggest that the number of large pike may decrease even under the HSL fishing strategy if the growth rate is slow and fishing is intensive, due to the high possibility of fish being caught before reaching the length beyond the upper HSL limit.

Vainikka, A., M. Olin, J. Ruuhijärvi, H. Huuskonen, R. Eronen & P. Hyvärinen. 2017. Model-based evaluation of the management of pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks using minimum and maximum size limits.

Pikeperch populations typically differ substantially in life-history traits. Here, we evaluated the potential of variable size limits to ensure ecologically and evolutionarily sustain-able fishing of six important Finnish inland pikeperch stocks using a carefully parameter-ized age-, size-, and maturity-structured evolutionary population model. Individual growth rates of the Oulujärvi and Vesijärvi stocks were the fastest and least resource-limited. The Höytiäinen, Vanajavesi and Pääjärvi stocks were strongly regulated by density-dependent food availability. Minimum size limit ensuring the highest yields was clearly higher for the fast-growing stocks than for the strongly food-limited stocks. Implementation of a maximum size limit 200 mm above the minimum size limit (MSL) would allow the stocks to tolerate stronger fishing mortality rate, but the 200 mm slot appeared too wide to significantly prevent evolution towards earlier maturation. To ensure maximal stability of yield and minimal evolutionary effect, fishing mortality rates should be restricted to relatively low values.

Venturelli, P. A., C. A. Murphy, B. J. Shuter, T. A. Johnston, P. J. Van Coeverden de Groot, P. T. Boag, J. M. Casselman, R. Montgomerie, M. D. Wiegand & W. C. Leggett. 2010. Maternal influences on population dynamics: evidence from an exploited freshwater fish. Ecology 91(7): 2003-2012.

We used a field experiment, population modeling, and an analysis of 30 years of data from walleye (*Sander vitreus*; a freshwater fish) in Lake Erie to show that maternal influences on offspring survival can affect population dynamics. We first demonstrate experimentally that the survival of juvenile walleye increases with egg size (and, to a lesser degree, female energy reserves). Because egg size in this species tends to increase with maternal age, we then model these maternal influences on offspring survival as a function of maternal age to show that adult age structure can affect the maximum rate at which a population can produce new adults. Consistent with this hypothesis, we present empirical evidence that the maximum reproductive rate of an exploited population of walleye was approximately twice as high when older females were abundant as compared to when they were relatively scarce. Taken together, these results indicate that age- or size-based maternal influences on offspring survival can be an important mechanism driving population dynamics and that exploited populations could benefit from management strategies that protect, rather than target, reproductively valuable individuals.