



Bachelorarbeit

Über das Thema

Auswirkungen des Fangens und Freilassens von geangelten Meeresfischarten: Eine Literaturstudie

vorgelegt von:

Niklas Benz

Rostock

2026

Thema der Arbeit - Auswirkungen des Fangens und Freilassens von geangelten Meeresfischarten: Eine Literaturstudie

Niklas Benz

Matrikelnummer: 223200271

aus Greifswald, geboren am 24.05.2004

eingereicht am 21.09.2026

Erstgutachter:

Prof. Dr. Robert Arlinghaus
Leibniz-Institut für Gewässerökologie
und Binnenfischerei (IGB)
Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
Tel.: +49 30 64181-653
E-Mail: robert.arlinghaus@igb-berlin.de

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Hendrik Schubert
Universität Rostock
Lehrstuhl für Ökologie
Albert-Einstein-Straße 3,
18059 Rostock
Tel.: 0381 498 6070
E-Mail: hendrik.schubert
(@)uni-rostock.de

Inhalt

Zusammenfassung	V
1. Einleitung	1
1.1 Definition und Dimension des Fangens und Zurücksetzens	1
1.2 Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens	2
1.2.1 Verletzungen und Stress als Folge des Fangens und Zurücksetzens.....	2
1.2.2 Letale und subletale Auswirkungen von Verletzungen und Stress durch das Fangen und Zurücksetzen	3
1.2.3 Faktoren mit Einfluss auf die Verletzungen	4
1.2.4 Faktoren mit Einfluss auf den Stress	6
1.2.5 Faktoren, die der Angler nicht beeinflussen kann	6
1.3 Relevanz der Kenntnis zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens ..	7
1.4 Wissensstand und Wissenslücken zum Fangen und Zurücksetzen.....	8
2. Material und Methoden	11
2.1 Erstellung der Datenbank.....	11
2.2 Filtern der Studien.....	11
2.3 Extraktion der Daten.....	15
2.4 Berechnung der Sterblichkeitsrate bei kontrollierten Studien	17
2.5 Bestimmung mittlerer Sterblichkeitsraten über verschiedene Studien einer Art	18
2.6 Narrative Beschreibung der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens ..	18
3. Ergebnisse	20
3.1 Übersicht der eingeschlossenen Studien	20
3.2. Übersicht der Sterblichkeiten	25
3.3 Letale und subletale Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens bei marinen Arten	26
3.3.1 Salmoniformes	26
3.3.2 Gadiformes	35
3.3.3 Eupercaria	40
3.3.4 Pleuronectiformes	41
3.3.5 Mugiliformes	47
3.3.6 Beloniformes	48
4. Diskussion.....	50

4.1 Umfang der Literatur zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens heimischer Meeresfische	50
4.2 Einordnung der Sterblichkeitsschätzungen in der Literatur	50
4.3 Kritik verschiedener Studiendesigns zum Ermitteln der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens	51
4.4 Artspezifische Sensibilitäten auf Einflussfaktoren im Kontext des Fangens und Zurücksetzens	52
4.5 Zusammenfassung letaler und subletaler Effekte des Fangens und Zurücksetzens bei marinen Fischarten	54
4.6 Allgemeine Empfehlungen für die Praxis beim Salzwasserangeln	54
4.7 Limitationen dieser Arbeit	55
5. Literaturverzeichnis	57
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Anhang.....	1
Danksagung.....	IX
Eidesstattliche Versicherung.....	X

Zusammenfassung

In den deutschen Küstengewässern ist die Freizeitangelei eine bedeutende Fischereiaktivität. Bei manchen Arten werden mehr als die Hälfte der Fänge zurückgesetzt.

Das Fangen und Zurücksetzen kann vielfältige letale und subletale Folgen für einen Fisch haben. Bei einem hohen Angeldruck ist es für das Fischereimanagement wichtig, den Einfluss des Fangens und Zurücksetzens auf die Fischbestände zu kennen.

Bei der Untersuchung der Haksterblichkeit durch Fangen und Zurücksetzen sind ungeangelte Kontrollfische von zentraler Bedeutung, um die Haksterblichkeit von experimentellen Einflussfaktoren unterscheiden zu können.

In dieser Arbeit wurden die Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens auf in Deutschland und Mitteleuropa heimischen Fischarten oder verwandten auf Artenebene ausgewertet und wiederkehrende Trends zu allen Arten zusammengefasst. 25 Studien zu 13 Arten ermittelten Haksterblichkeiten mit einer Spannweite von 0 – 31,5 % und einem Median von 13,5 %. Acht der 25 Studien beinhalteten Kontrollfische. In drei kontrollierten Studien war die kontrollkorrigierte Sterblichkeit geringer als die rohe Haksterblichkeit.

Pazifische Lachse der Arten *Oncorhynchus kisutch* und *O. tshawytscha* zeigten eine erhöhte Sterblichkeit bei äußeren Verletzungen an Auge, Schuppen und Flossen. Bei Dorschen (*Gadus morhua*) wurden Verletzungen durch Barotrauma dokumentiert. Wolfsbarsche (*Dicentrarchus labrax*) zeigten erhöhte Sterblichkeit, wenn sie mit Naturködern geangelt wurden. Schwere Hakverletzungen und hohe Wassertemperaturen waren mit erhöhten Haksterblichkeiten verbunden und auch Prädation führte zu Sterblichkeit.

Der bisherige Kenntnisstand zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens heimischer Meeresfische ist gering. Zu intensiv geangelt Fischarten wie dem Atlantischen Lachs, dem Hering oder dem Hornhecht konnten keine Studien identifiziert werden. Um die Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens besser einschätzen zu können, ist eine Intensivierung der Forschung nötig.

1. Einleitung

1.1 Definition und Dimension des Fangens und Zurücksetzens

Freizeitangelei ist die Fischerei mit einem Haken und einer Schnur, meist unterstützt durch Angelrute und Angelrolle, auf Tiere, insbesondere Fische, die nicht primär zur Deckung des Nahrungsbedarfs oder dem Handel dient (FAO 2012). Wird ein Fisch gefangen und anschließend wieder ins Wasser gesetzt, spricht man vom Fangen und Zurücksetzen (Arlinghaus et al. 2007). Das Fangen und Zurücksetzen von Fischen erfolgt entweder freiwillig oder aufgrund von gesetzlichen Vorgaben (Policansky 2002). Die Freizeitangelei ist eine Freizeitbeschäftigung, die psychologische, soziale und naturgebundene Bedürfnisse erfüllt (Policansky 2002). Beispielsweise geben viele angelnde Personen an, dass ihnen die Entspannung und das Naturerlebnis am Angeln sehr wichtig sei (Lewin et al. 2023).

In der Binnenfischerei fangen Angler deutlich größere Fischmengen als die kommerzielle Fischerei (Cooke und Cowx 2006). Doch auch in der marinen Fischerei kann das Freizeitangeln einen bedeutenden Teil an den gesamten fischereilichen Fängen haben (Hyder et al. 2018). In Deutschland gab es 2014/15 etwa 200.000 Meeresangler, die insgesamt 1,8 Mio. Tage in den deutschen Küstenmeeren angelten (Weltersbach et al. 2021). In der Ostsee waren die beliebtesten Zielfische der Freizeitangler der europäische Dorsch (*Gadus morhua*), die Meerforelle (*Salmo trutta*), verschiedene Plattfischarten (Ordnung Pleuronectiformes) und der Hering (*Clupea harengus*) (Weltersbach et al. 2021). Dabei fingen Angler einen bedeutenden Teil der fischereilichen Gesamtentnahme (bestehend aus kommerzieller Fischerei und Angelfischerei). Beispielsweise wurden 91 % der Meerforellen und 53 % der Dorsche von Freizeitanglern gefangen (Weltersbach et al. 2021). In der Nordsee hatte die Angelfischerei hingegen keinen bedeutenden Anteil an der fischereilichen Gesamtentnahme (unter 6 %), die wichtigsten Zielfische waren der europäische Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*), Plattfische, der Dorsch und die Makrele (*Scomber scombrus*) (Weltersbach et al. 2021). Neben der teilweise hohen Entnahmemenge sind auch die Zurücksetzraten hoch (Ferber et al. 2013). So wurden in den europäischen Ländern Dänemark, Norwegen und England über 60 % der gefangenen Dorsche zurückgesetzt (Ferber et al. 2013). An der deutschen Ostseeküste berechneten Weltersbach et al. (2021) anhand einer Fangtagebuchstudie mit Daten aus 2014 und 2015 eine Zurücksetzrate von 52,3 % bei der Meerforelle und 34,1 % beim Dorsch. Eine Untersuchung von Lewin et al. (2023) kam zu dem Ergebnis, dass in 2020/2021 93 % der von Freizeitanglern an der deutschen Ostseeküste gefangenen Meerforellen zurückgesetzt

wurden. In Deutschland zeigten sich regionale Unterschiede im freiwilligen Zurücksetzen (Birdsong et al. 2025). In Niedersachsen wurden prozentual mehr Fische zurückgesetzt als in Mecklenburg-Vorpommern. Die Entscheidung, einen Fisch zurückzusetzen, wurde von vielen Faktoren beeinflusst, unter anderem von der Fischart, der Länge des Angelausfluges, der Fischgröße und der Anglerspezialisierung (Birdsong et al. 2025).

1.2 Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens

1.2.1 Verletzungen und Stress als Folge des Fangens und Zurücksetzens

Wenn ein Fisch geangelt wird, erfährt er zwangsläufig eine Verletzung durch den Angelhaken und eine Stressreaktion (Cooke und Sneddon 2007).

Verletzungen

Ein Angelhaken durchdringt Gewebe eines Fisches und schädigt dieses (Cooke und Sneddon 2007). Die Schwere der Verletzung wird vor allem durch die Position des Hakens beeinflusst. Am Kiefer sitzende Haken sorgen meist für eine niedrige Sterblichkeitsrate (Muoneke und Childress 1994; Hühn und Arlinghaus 2011). Manchmal werden die Haken aber tief geschluckt und es kommt zu inneren Verletzungen an den Kiemen, Ösophagus, Magen, Leber oder am Herzen (Lewin et al. 2018). Das Entfernen sehr tief sitzender Haken kann die Schwere der Verletzungen zusätzlich verstärken (Fobert et al. 2009; Lewin et al. 2018). Eine weitere direkte Folge von Hakverletzungen sind Blutungen, die auftreten, wenn stark durchblutetes Gewebe oder Teile des Herz-Kreislauf-Systems verletzt werden. Verletzungen als Folge des Fangens und Zurücksetzens entstehen nicht nur im Maulbereich, sondern auch an äußeren Stellen des Fischkörpers, zum Beispiel an der Haut in Form von Schuppenverlust, Schäden an der Mukusschicht und Verletzungen der Flossen (Hinch et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2024). Die Mukusschicht bedeckt die Epidermis des Fisches und bildet eine physikalische und immunologische Barriere gegenüber der Umwelt (Reverter et al. 2018; Shephard 1994). Die Schuppen übernehmen eine mechanische Schutzfunktion (Szewciw et al. 2017). Die Epidermis stellt eine Barriere für den Austausch von Wasser und Ionen zwischen dem Fischkörper und der Umgebung dar und spielt damit eine wichtige Rolle in der Osmoregulation (Olsen et al. 2012; Zydlewski et al. 2010). Schäden an der Mukusschicht, der Epidermis oder den Schuppen können somit unter anderem die Anfälligkeit für Infektionen und die Osmoregulation beeinflussen.

Stress

Die Stressreaktion wird in primäre, sekundäre und tertiäre Stressantwort unterteilt (Wendelaar Bonga 1997). Auf der primären Ebene starten neuro-endokrine Stressreaktionen, also die Ausschüttung von Hormonen wie den Katecholaminen Adrenalin und Noradrenalin sowie von Cortisol. (Wendelaar Bonga 1997). Darauf folgt die sekundäre Reaktion als biochemische Antwort auf die primäre Reaktion. Die Sauerstoffversorgung im Fisch wird verbessert, unter anderem durch eine Erhöhung der Sauerstoffaffinität vom Hämoglobin, einer erhöhten Herzleistung und schnelleren Kiemenventilation (Wendelaar Bonga 1997). Des Weiteren werden Energiereserven (Glykogenspeicher) mobilisiert (Rodnick und Planas 2016). Die Vorgänge der sekundären Reaktion führen zu Sauerstoffknappheit insbesondere in der weißen Muskulatur (Ferguson und Tufts 1992), zu einem erhöhten pH-Wert in Zellen und im Blut (Ferguson und Tufts 1992) und zu Störungen der Ionen- Osmose- und Flüssigkeitsgleichgewichte in den Fischen (Killen et al. 2006; Thorstad 2003). Die tertiäre Reaktion beschreibt Vorgänge, die den Fisch als Ganzes betreffen, wie Veränderungen im Wachstum, Verhalten oder der Fitness (Übersicht in Arlinghaus et al. 2007).

1.2.2 Letale und subletale Auswirkungen von Verletzungen und Stress durch das Fangen und Zurücksetzen

Letal - Den letalen Effekt, der durch das Fangen und Zurücksetzen verursacht wird, bezeichnet man als Haksterblichkeit. Dass Fische nach dem Zurücksetzen sterben, liegt an schweren Verletzungen, an starkem physiologischen Stress oder an einem Zusammenwirken beider Faktoren (Cooke und Sneddon 2007). Verletzungen an den Kiemen, Ösophagus, Magen, Leber oder am Herzen enden für einen Fisch oft tödlich (Lewin et al. 2018; Weltersbach et al. 2025). Auch starke Blutungen können zum Tod führen (Malchoff et al. 2002; Weltersbach und Strehlow 2013; Zinn et al. 2026). Die Fische sterben nicht immer unmittelbar nach dem Zurücksetzen, sondern Stunden bis Tage danach (Muoneke und Childress 1994). Bei Untersuchungen an pazifischen Lachsen zeigte sich auch 40 Tage nach dem Zurücksetzen noch eine erhöhte Sterblichkeit für Fische mit Verletzungen der Augen verglichen mit Fischen ohne angelbedingte Augenverletzungen (Hinch et al. 2024). Neben Verletzungen führt starker Stress teilweise zu erhöhter Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen (Gale et al. 2014)

Neben der direkten Sterblichkeit durch Verletzungen und physiologischen Stress kann das Fangen und Zurücksetzen zu einer erhöhten Sterblichkeit durch Prädation führen (Raby et al. 2014). Durch die mit dem Drill einhergehende körperliche Erschöpfung, mögliche Verletzungen oder Infektionen kann sowohl die Erkennung von Prädatoren als auch die Vermeidung eben dieser beeinträchtigt sein (Raby et al. 2014).

Tatsächlich stirbt meist nur ein kleiner Teil der Fische, die gefangen und zurückgesetzt werden (Bartholomew und Bohnsack 2005; Hühn und Arlinghaus 2011). Die Übersichtsarbeit von Hühn und Arlinghaus (2011) berechnete einen Mittelwert der Schätzungen zur Habs-terblichkeit von $15,9 \pm 1,3$ % mit einem Median von 7,8 %. Daraus lässt sich schließen, dass ein großer Teil der gefangenen und zurückgesetzten Fische überlebt.

Subletal – Die Verletzungen und der Stress, der von einem Fisch durch das Fangen und Zurücksetzen erfahren wird, haben aber das Potenzial, den Fisch auf nicht letale Weise zu beeinflussen

Verhaltensänderungen: Infolge der physiologischen Belastungen während des Fangens und Zurücksetzens können Fische veränderte Verhaltensweisen zeigen (Havn et al. 2015). Veränderte Verhaltensweisen können adaptiv sein, womit ein Fisch seine Überlebenschancen erhöht, oder sie sind die Folge einer Beeinträchtigung der Fähigkeiten des Fisches, angemessen auf seine Umwelt zu reagieren (Schreck et al. 1997). Verhaltensänderungen können zum Beispiel die Nahrungsaufnahme (Weltersbach und Strehlow 2013), die Fähigkeit, Prädatoren zu Vermeiden (Capizzano et al. 2016), die Orientierung (Gale et al. 2013), oder auch die Schwimmdistanz (Prystay et al. 2025) beeinflussen.

Fitness: Das Fangen und Zurücksetzen kann die Fitness eines Fisches potenziell auf viele mögliche Weisen beeinflussen, zum Beispiel durch verringerte Eigröße und Gametenviabilität, verzögerte Ovulation, reduzierte Überlebensrate und Energiereserve der Larven, Veränderungen reproduktiver Hormone, Beeinträchtigung der Migration, verringerte Laichintensität, Einschränkungen der Konkurrenzfähigkeit der Elterntiere vor und während der Paarungszeit, verzögerte oder gehemmte Geschlechtsreife oder durch vollständigen Verzicht auf Reproduktion (Cooke et al. 2002).

Wachstum: Wenn das Fangen und Zurücksetzen einen Einfluss auf Nahrungsaufnahme oder Energieverbrauch eines Fisches nimmt, beeinflusst es damit auch sein Wachstum. Ein solcher Einfluss könnte zum Beispiel durch physiologischen Stress, Verletzungen, eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten und Parasiten, oder Verhaltensänderungen vorliegen (Übersicht in Arlinghaus et al. 2007)

1.2.3 Faktoren mit Einfluss auf die Verletzungen

Ausrüstung: Die Angelausrüstung kann einen entscheidenden Einfluss auf Verletzung oder gar Sterblichkeit haben. Naturköder werden von Fischen mit weniger Argwohn aufgenommen als Kunstköder und in der Regel aktiver gefischt (Bartholomew und Bohnsack 2005;

Muoneke und Childress 1994). Dadurch werden Kunstköder vom Fisch weniger tief geschluckt, weshalb sie seltener in kritischen tiefen Bereichen haken als Naturköder. Entsprechend sorgen sie für weniger Verletzung und Sterblichkeit. Auch verschiedene Haken haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die Verletzung. Angelhaken gibt es in verschiedensten Formen und Größen. Einzelhaken haben beispielsweise eine Hakenspitze, während es bei einem Drilling drei sind. Einzelhaken können vom Fisch im Vergleich zum eher sperrigen Drilling zwar tiefer geschluckt werden (Muoneke und Childress 1994). Dafür kann ein Drilling aufgrund mehrerer Hakenspitzen an mehreren Stellen ins Fischgewebe eindringen (Brownscombe et al. 2017). Des Weiteren können auch Hakengröße und Widerhaken die Verletzung beeinflussen (Bartholomew und Bohnsack 2005). Fische schlucken größere Haken weniger tief, dafür schädigt ein kleinerer Haken weniger Fischgewebe (Hinch et al. 2024). Kreishaken, sogenannte circle hooks, sind Einzelhaken, bei denen die Hakenspitze nicht parallel zum Hakenschenkel zeigt, sondern auf diesen zeigt. Diese Kreishaken werden mit einer Verringerung von tiefen Hakpositionen in Verbindung gebracht (Cooke und Suski 2004). Auch neuartige Designansätze wie der Shelton Haken (Jenkins 2003) oder ein t-Haken nach Weltersbach et al. (2025) können die Hakposition und damit den Grad der Verletzung reduzieren.

Wassertiefe: Mit zunehmender Wassertiefe steigt der Wasserdruck und somit auch der Druck, der auf den Fischkörper wirkt. Wird ein Fisch aus einer großen Tiefe hochgeholt, erfährt sein Körper einen Druckabfall. Im Fischkörper befindliche Gase nehmen dann ein größeres Volumen ein und verursachen Verletzungen im Fisch, das sogenannte Barotrauma (Ferber et al. 2015b; Rummer und Bennett 2005). Besonders problematisch ist das bei physoklistischen Fischen, denn sie besitzen keine Verbindung zwischen der Schwimmblase und dem Verdauungstrakt, durch den sie das steigende Gasvolumen in der Schwimmblase regulieren könnten (Ferber et al. 2015b). Eine Folge eines Druckabfalls ist dann eine Überdehnung oder das Reißen der Schwimmblase (Ferber et al. 2015b). Weitere mögliche Folgen sind Risse kleiner Blutgefäße, äußere Blutungen und die Bildung von Gasbläschen in im Kreislaufsystem, im Herz, den Kiemen oder auch im Gehirn (Feathers und Knable 1983; Ferber et al. 2015b; Morrissey et al. 2005). Zudem kann eine aufgeblähte Schwimmblase den Auftrieb eines Fisches erhöhen, was das Abtauchen erschwert (Capizzano et al. 2016). Die Fangtiefe kann somit einen starken Einfluss auf die Auswirkungen des Angelereignisses auf den Fisch haben.

1.2.4 Faktoren mit Einfluss auf den Stress

Ausrüstung: Die Ausrüstung bestimmt maßgeblich, wie lange ein Fisch gedrillt wird und damit auch, wie lange er dem physiologischen Stress des Drills ausgesetzt ist (Blyth und Bower 2022; Gustaveson et al. 1991; Thorstad 2003). Die Verwendung von feinem Angelgerät, also einer schwachen Rute und Schnur sowie einer Rolle mit geringer Bremskraft, führt dazu, dass größere Fische länger gedrillt werden (Blyth und Bower 2022; LaRochelle et al. 2025).

Luftexposition: Am Ende eines Drills wird ein Fisch in der Regel aus dem Wasser gehoben, um den Haken zu lösen und auch um Fotos zu machen (Cook et al. 2015). Der Luft ausgesetzt zu werden führt bei Fischen zu einer Unterbrechung des Gasaustausches an den Kiemen und damit zu Hypoxie (Cook et al. 2015). Die Luftexposition aktiviert zudem eine physiologische Stressreaktion, die die Konzentrationen von Laktat, Glukose und Cortisol im Blut auf vergleichbare Weise erhöht wie der Stress im Drill (Cook et al. 2015). Somit kann Luftexposition zusammen mit dem Drill einen kumulativen Effekt haben, der bei höheren Temperaturen noch weiter verstärkt wird (Cook et al. 2015). Untersuchungen am Hecht (*Esox lucius*) zeigten keinen Einfluss einer Luftexposition von 0 – 300 s auf die Laktatkonzentration im Blut. Allerdings zeigten Hechte, die 300 Sekunden der Luft ausgesetzt waren eine länger anhaltende Verhaltensveränderungen nach dem Zurücksetzen (Arlinghaus et al. 2009). Auch bei Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) wurde verändertes Verhalten bei den Fischen beobachtet, die Luft ausgesetzt waren, verglichen mit Fischen ohne Luftexposition (Twardek et al. 2018). Bei den Regenbogenforellen trat der Effekt bereits nach einer Luftexposition von 10 – 30 s auf.

1.2.5 Faktoren, die der Angler nicht beeinflussen kann

Temperatur: Auch Umweltbedingungen während des Fangs haben einen Einfluss auf das Wohlergehen des Fisches während und nach dem Fangen und Zurücksetzen (Weltersbach et al. 2025; Zinn et al. 2026). Als ektotherme Tiere wird die Körpertemperatur eines Fisches direkt von der Umgebungstemperatur beeinflusst (Fry 1971). Die Temperatur stellt damit ein zentraler Einflussfaktor auf die Fischphysiologie dar (Brett 1971). Die Wassertemperatur beeinflusst den Stoffwechsel, zelluläre Funktionen, Proteinstrukturen und die Enzymaktivität (nach Arlinghaus et al. 2007). Mit steigender Temperatur nehmen Stoffwechsel und Sauerstoffbedarf zu. Gleichzeitig kann warmes Wasser weniger Sauerstoff aufnehmen. Daraus resultiert eine steigende Differenz zwischen Sauerstoffbedarf und Sauerstoffverfügbarkeit (nach Gale et al. 2013). Zusammenfassend steigt mit der Temperatur die physiologische

Belastung eines Fisches durch das Angelereignis (Gale et al. 2013). Einzelne Arten und auch Populationen haben sich dabei an unterschiedliche Temperaturbereiche angepasst (Gale et al. 2013). Daher gibt es keine allgemeine kritische Wassertemperatur. Vielmehr muss diese für jede Fischart und im Zweifel auch für Populationen einer Fischart einzeln bestimmt werden (Gale et al. 2013). Auch eine Erwärmung der Gewässer durch den Klimawandel kann Fische in Zukunft vor neue Herausforderungen stellen, die aus fischereilicher Sicht zu beachten sind (van Leeuwen et al. 2020).

Biologische Faktoren: Fische in unterschiedlichen Lebensphasen können unterschiedlich sensibel auf Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens reagieren (Brobbel et al. 1996). In den Untersuchungen von Brobbel et al. (1996) kämpften atlantische Lachse (*Salmo salar*) am Anfang ihrer Migration stärker an der Angel als abwandernde Fische, brauchten aber auch länger, um sich von der physiologischen Belastung zu erholen. Auch zwischen den Geschlechtern wurden Unterschiede beobachtet. Bei Königslachsen zeigte sich nach dem zurücksetzen eine höhere Sterblichkeit bei Weibchen als bei Männchen, insbesondere während der Migration zu Laichplätzen (Hinch et al. 2021). Die Gründe hierfür sind nicht abschließend geklärt. Weibchen stecken viel Energie in die Bildung der Gonaden, was sie vor und während der Laichzeit anfälliger machen kann. Auch haben Weibchen geringere kardi-ale Leistungsreserven, höhere Basal-Cortisolspiegel und eine ausgeprägtere Stress- sowie eine schwächere Immunantwort als Männchen (Hinch et al. 2021). Die Größe eines Fisches kann einen die Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens auf einen Fisch ebenfalls beeinflussen. Dabei gibt es verschiedene Mechanismen. Es dauert oft länger, einen größeren Fisch zu landen, wodurch dieser länger dem physiologischen Stress des Drills ausgesetzt ist (LaRochelle et al. 2023). Ein großer Fisch kann einen Haken tiefer schlucken als ein kleiner Fisch, da dieser in Relation zu seinem Körper kleiner ist, was zu stärkeren Verletzungen führt (Alós et al. 2008). Dafür kann ein Haken bei einem kleineren Fisch mehr Gewebe durchdringen und so eine stärkere Verletzung verursachen (Hinch et al. 2021).

1.3 Relevanz der Kenntnis zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens

Für die Bewirtschaftung von Fischbeständen ist es wichtig, die Einflüsse, die auf die Population wirken, gut zu verstehen (Ricker 1975). Dazu gehören Faktoren, die Wachstum, Rekrutierung und die Sterblichkeit, bestehend aus natürlicher und fischereilicher Sterblichkeit, beeinflussen (Ricker 1975). Um geeignete Managementmaßnahmen festzulegen sind auch genaue Kenntnisse zu den letalen und subletalen Auswirkungen durch Fangen und

Zurücksetzen nötig (Cooke und Schramm 2007; Ferter et al. 2013). Das zeigt sich deutlich in einer Untersuchung von Hessenauer et al. (2018). Es wurden die Populationen von Schwarzbarschen (*Micropterus salmoides*) in zwei Seen in Nordamerika untersucht. An diesen Seen gab es ein Entnahmefenster von 305 – 406 mm, um die Altersstruktur der Populationen zu stabilisieren. Der Angelaufwand war sehr hoch. Nur 0 – 1,8 % der gefangenen Schwarzbarsche wurde von Anglern behalten, der Großteil der Fänge wurde hingegen zurückgesetzt. Die Sterblichkeit eines einzelnen Fangereignis wurde auf etwa 1 – 3 % geschätzt. Die Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens führten aufgrund des hohen Angelaufwands dazu, dass die Altersstruktur hin zu mehr jüngeren und kleineren Fischen verändert wurde.

1.4 Wissensstand und Wissenslücken zum Fangen und Zurücksetzen

Es existiert eine Vielzahl an Studien, die sich mit den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens genauer beschäftigen. In der Vergangenheit haben mehrere synthetische Arbeiten, unter anderem Bartholomew und Bohnsack (2005), Hühn und Arlinghaus (2011) und Muoneke und Childress (1994), das Wissen zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens vor allem mit Blick auf die Determinanten der Haksterblichkeit zusammengefasst. Muoneke und Childress (1994) brachten Ködertyp (Kunstköder vs. Naturköder), Hakentyp (Anzahl der Haken, Hakengröße, mit vs. ohne Widerhaken), Temperatur, Tiefe, Hakposition und Fischgröße mit der Haksterblichkeit in Verbindung. In Bartholomew und Bohnsack (2005) hatten ebenfalls die Hakposition, Ködertyp (Kunstköder vs. Naturköder), die Fangtiefe, die Temperatur und der Hakentyp (J vs. Circle hook) und zusätzlich das Lösen tief sitzender Haken und längere Drill- und Handhabungszeiten einen Einfluss auf die Haksterblichkeit. Hühn und Arlinghaus (2011) brachten eine erhöhte Haksterblichkeit mit der Wassertemperatur, dem Ködertyp (Kunstköder vs. Naturköder) und dem Hakentyp (mit vs. ohne Widerhaken) in Verbindung. Bartholomew und Bohnsack (2005) und Muoneke und Childress (1994) untersuchten vor allem nordamerikanische Arten. Hühn und Arlinghaus (2011) haben sich mit mitteleuropäischen Süßwasserfischen beschäftigt.

Diese Arbeiten haben die verschiedenen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens zusammengefasst über alle untersuchten Arten bewertet und nicht auf Artebene. Das ist insofern problematisch, da die Spezifika einzelner Arten sowie die Art und Weise, wie diese gefangen und versorgt werden unberücksichtigt bleiben (Cooke und Suski 2005).

Einzelne Studien zum Fangen und Zurücksetzen variieren zum Teil erheblich im Studiendesign und der Aussagekraft (Eberts und Somers 2017; Pollock und Pine 2007) und Ergebnisse

zu Sterblichkeitsraten sind sensitiv gegenüber methodischen Details (Eberts und Somers 2017). Das zeigte sich zum Beispiel bei Untersuchungen am Dorsch. In einem Experiment in Ferter et al. (2015b) wurden die Dorsche nach dem Fang in einen Käfig gesetzt in die Fangtiefe zurückgebracht. Alle Fische überlebten dieses Experiment. Allerdings konnten aufgrund der Käfighälterung keine Fische nach dem Zurücksetzen durch Prädation sterben. In Capizzano et al. (2016) wurden die Dorsche nach dem Fang markiert und zurück ins Meer gesetzt. 9 Fische wurden anschließend von Seevögeln erbeutet.

Nicht geangelte Kontrollfische sind für die Bestimmung der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens, insbesondere der Sterblichkeit, von zentraler Bedeutung (Wilde 2003). Werden Fische nach dem Fangen in Käfigen gehalten, können unnatürlich hohe Fischdichten als zusätzlicher Stressor wirken (Lockwood et al. 1983) und der Kontakt mit dem Käfigmaterial und daraus resultierende Verletzungen (Lucy und Holton 1988) können die Sterblichkeit beeinflussen, was ohne Kontrollgruppen nicht von der Haksterblichkeit unterschieden werden kann. Werden Fische im Feld untersucht, müssen sie besendert werden (Fertter et al. 2017; Lunzmann-Cooke et al. 2024). Senderverlust, Abwanderung aus dem Untersuchungsgebiet bei akustischer Telemetrie oder auch natürliche Sterblichkeit sind ohne Kontrollen schwierig zu quantifizieren, wodurch die Haksterblichkeit überschätzt werden könnte (Capizzano et al. 2016; Ferter et al. 2017; Lunzmann-Cooke et al. 2024). Des Weiteren kann das Markieren oder Besendern von Fischen zu Verletzungen und physischen Beeinträchtigungen führen (Lacroix et al. 2004). Trotz der Relevanz von Kontrollgruppen für belastbare Schätzungen der Haksterblichkeit fehlen sie bei vielen Studien (Pollock und Pine 2007).

Vor dem Hintergrund der teilweise bedeutenden Fischanlandungen im marinen Bereich durch Angler in Deutschland, der hohen Zurücksetzraten sowie der vielfältigen möglichen letalen und subletalen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens besteht Bedarf an einer umfassenden Bewertung dieser Auswirkungen für in Deutschland und Mitteleuropa heimische Salzwasserfischarten. Vergangene Metaanalysen zu den letalen und subletalen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens befassten sich überwiegend mit in Nordamerika heimischen Arten (Bartholomew und Bohnsack 2005; Muoneke und Childress 1994) oder mit in Deutschland heimischen Süßwasserfischarten (Hühn und Arlinghaus 2011). Für in Deutschland heimische Meeresfischarten gibt es bisher keine zusammenfassende Bewertung des Wissensstands zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens. Des Weiteren wurden Determinanten der Sterblichkeit in den Metaanalysen über die Erkenntnisse vieler Fischarten hinweg zusammengefasst, was den unterschiedlichen Sensibilitäten einzelner Arten auf

verschiedene Einflussfaktoren des Fangens und Zurücksetzens nicht gerecht wird. Auch wurden in den Arbeiten die rohen Sterblichkeiten gemittelt, ohne unterschiedliche Stichprobengrößen durch eine entsprechende Gewichtung zu berücksichtigen. Zuletzt fehlen in vielen Studien zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens Kontrollgruppen, um die Haksterblichkeit von methodischen Einflüssen unterscheiden zu können. Ziel dieser Arbeit ist eine Aufarbeitung und artspezifische Bewertung der verfügbaren Literatur zu Salzwasserscharten in Deutschland und Mitteleuropa. Dabei soll beantwortet werden, welche Einflussfaktoren in Zusammenhang mit dem Fangen und Zurücksetzen letale und subletale Auswirkungen auf die unterschiedlichen Fischarten haben und welche Einflussfaktoren über Arten hinweg einen Einfluss zeigen. Auch die Auswirkungen von Kontrollgruppen auf die in Studien geschätzte Haksterblichkeit soll untersucht werden.

2. Material und Methoden

2.1 Erstellung der Datenbank

Grundlage für die vorliegende Arbeit war eine Datenbank, die die Literatur zur Sterblichkeit nach dem Fangen und Zurücksetzen sammelte. Diese wurde nicht von mir erstellt. In einem ersten Schritt führten Matthew Farthing und Alex Winkler vom Safer Lab der Rhodes University in Südafrika eine systematische Literaturrecherche in den Online-Datenbanken Scopus, Web of Science und ProQuest mit folgenden Suchbegriffen durch:

„catch and release“ OR „post-capture“ OR „discard“ OR „hooking“

AND

„fishing“ OR „angling“ OR „fishery“ OR „fisheries“

AND

„mortality“ OR „survival“ OR „impact“ OR „stress“ OR „effect“ OR „predation“.

Durch die Suche wurden 4812 Studien identifiziert (Abb. 1). Die Suche erfolgte am 07.09.2023.

In einem zweiten Schritt führte Joel Zhang vom Cooke-Lab der Carleton University aus Kanada eine rückwärtsgerichtete Zitationssuchen durch. Das heißt, die Referenzlisten relevanter Publikationen aus dem Forschungsbereich Fangen und Zurücksetzen wurden durchsucht. Bei dieser Suche vom 18.10. – 24.10.2024 fand er weitere 431 potenziell relevante Studien (Abb. 1).

Im dritten Schritt fügte Fritz Feldhege von der IFishMan-Arbeitsgruppe die Studien zur Datenbank hinzu, die in Hühn und Arlinghaus (2011) untersucht wurden ($n = 107$) (Abb. 1). So wurden insgesamt 5350 Studien erfasst (Abb. 1).

Anschließend erfolgte ein Benchmarking, um die Vollständigkeit der Datenbank zu überprüfen. Dazu suchten Robert Arlinghaus und Fritz Feldhege 30 Schlüsselstudien aus dem Bereich des Fangens und Zurücksetzens heraus. Von diesen 30 Studien waren 28 in der Datenbank erfasst.

2.2 Filtern der Studien

Aus diesem Datensatz wurden in den folgenden Schritten die relevanten Studien von Fritz Feldhege herausgefiltert. Zunächst wurden 1613 Duplikate entfernt (Abb. 1).

Nun führte Fritz Feldhege ein Titel-Screening durch. Studien wurden ausgeschlossen, wenn sie (1) nicht die biologischen Auswirkungen von Fangen und Zurücksetzen auf Fische untersuchten, (2) keine relevante Fischart behandelten, (3) weder im Kontext der Freizeitfischerei noch in einem simulierten freizeitfischereilichen Szenario oder einem vergleichbaren kommerziellen Szenario mit Angelgerät (Hook-and-Line) durchgeführt wurden oder (4) die Auswirkungen des Zurücksetzens bzw. Verwerfens von Fischen nach dem Fang in kommerziellen Fischereien untersuchten, bei denen andere Fanggeräte wie Stellnetze, Reusennetze oder Langleinen zum Einsatz kamen. Dabei wurden folgende Definitionen verwendet: (1) Freizeitfischerei ist das Angeln mit Angelrute und Angelrolle zu Freizeitzielen in aquatischen Ökosystemen; keine kommerzielle Fischerei, keine Fischerei zur Eigenversorgung, kein Einsatz kommerzieller Fanggeräte und keine Aquakultur. (2) Fangen und Zurücksetzen bezeichnet den Vorgang, bei dem ein Fisch gefangen und anschließend lebend wieder freigelassen wird. (3) Relevante Fischarten sind Fischarten, die in der Freizeitfischerei in Deutschland häufiger gefangen werden, sowie Arten, die eng mit diesen verwandt sind oder von deutschen Anglern bevorzugt werden. Es wurden 31 relevante Fischarten identifiziert. Bei dem Titel-Screening wurden 3047 Studien ausgeschlossen (Abb. 1).

Als Nächstes erfolgte ebenfalls durch Fritz Feldhege ein Abstract Screening mit den gleichen Ausschlusskriterien. Es wurden 229 Studien ausgeschlossen. Durch diese Eingrenzung auf die für Deutschland relevanten Arten sowohl im Süß- als auch im Salzwasser wurden 431 potenziell relevante Studien im allgemeinen Studienpool identifiziert. (Abb. 1).

Von den 461 Studien bezogen sich 116 auf Arten mit Relevanz in der mitteleuropäischen Salzwasserfischerei oder verwandte Arten, von denen 113 von mir bearbeitet wurden. 3 Studien zur Meerforelle (*Salmo trutta*) wurden von Tim Steinbrecher von der IFishMan-Arbeitsgruppe bearbeitet und an mich übergeben. Diese 116 Studien (mit Stichdatum 07.09.2023) wurden als erster relevanter Datensatz für die vorliegende Arbeit von mir genutzt. Es wurde versucht, sie a) im Volltext zu erhalten und b) sie im Detail zu lesen.

Von den 116 Studien waren 106 im Volltext verfügbar. 10 Studien konnten nicht beschafft werden. Diese 106 Studien wurden im Volltext gelesen. Die Referenzlisten dieser Studien wurden durchsucht, um weitere potenziell relevante Studien zu finden, die in der Datenbank noch nicht erfasst wurden. Diese potenziell relevanten Studien wurden in einer Liste neu gefundener Studien zusammengefasst. Insgesamt wurden auf diese Weise 87 potenziell relevante Studien identifiziert (Abb. 1). Drei davon waren bereits in der vorherigen Datenbank erfasst, wurden aber im Titel- oder Abstract-Screening ausgeschlossen, da Titel und Abstract

nicht nahelegten, dass die Arbeiten sich mit dem Fangen und Zurücksetzen beschäftigten. Die Liste neu gefundener Studien wurde durch zufällig gefundene Studien (n = 3) ergänzt. Diese wurden gefunden, als sie bei der Suche nach grauer Literatur über Google-Suchen anstatt der eigentlich gesuchten Studie angezeigt wurden. Eine weitere Recherche in der Datenbank Scopus wurde am 23.07.2026 durchgeführt, um neue Studien von 2023 bis 2026 zu finden, die daher noch nicht in der Datenbank waren. Für diese Suche wurden die gleichen Suchbegriffe wie in der ursprünglichen Literaturrecherche benutzt. Es wurde jedoch nur nach Studien gesucht, die nach 2023 erschienen sind. Außerdem wurde die Suche auf die folgenden relevanten Salzwasserfischarten beschränkt (für die Suche wurde jeweils der wissenschaftliche und der englische Name verwendet): *Gadus morhua* (Atlantic cod), *Hippoglossus hippoglossus* (Atlantic halibut), *Oncorhynchus kisutch* (coho salmon), *Oncorhynchus nerka* (sockeye salmon), *Oncorhynchus tshawytscha* (Chinook salmon), *Salmo salar* (Atlantic salmon), *Thunnus thynnus* (Atlantic bluefin tuna), *Dicentrarchus labrax* (European sea bass), *Paralichthys dentatus* (summer flounder), *Pollachius virens* (coalfish), *Pollachius pollachius* (pollack), *Merlangius merlangus* (whiting), *Scophthalmus maximus* (turbot), *Belone belone* (garfish), *Scomber scombrus* (mackerel), *Pleuronectes platessa* (European plaice), *Limanda limanda* (common dab) und *Platichthys flesus* (European flounder). Diese Suche fand zwei weitere Studien.

Die Liste neu gefundener Studien umfasst somit 92 Studien (Abb. 1). Mit diesen wurde wieder ein Titel- Screening durchgeführt. Die Ausschlusskriterien waren: Studie fand im Süßwasser statt (n = 17), Studie behandelt Thunfische – eine Artengruppe, die nicht berücksichtigt wurde (n = 21) sowie Studie behandelt kommerzielle Fischerei (n = 16). Außerdem wurden zwei der neu gefundenen Referenzen nicht wiedergefunden, da sie vermutlich fehlerhaft notiert waren. Es wurden also von den 92 Studien 56 ausgeschlossen (Abb. 1). Dann wurde versucht, die verbleibenden 36 Studien im Volltext aufzutreiben. Zwölf wurden nicht gefunden, weshalb 24 der 92 neu gefundenen Studien in die Analyseschritte eingingen.

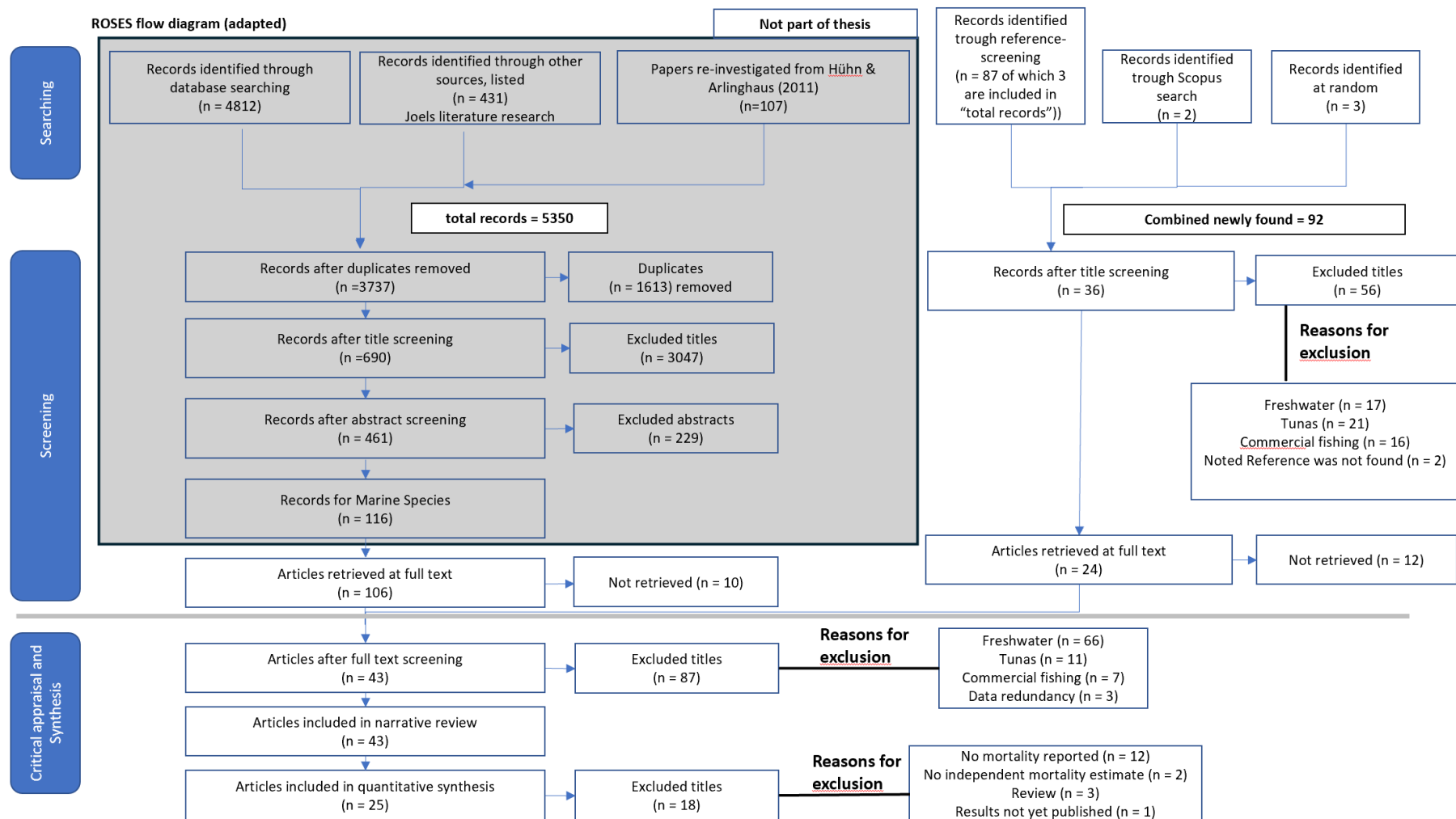


Abbildung 1: Angepasstes ROSES (Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses) flow diagram, welches den Prozess der Studiensuche bis zur Auswertung zeigt. Der grau hinterlegte Bereich kennzeichnet bereits bestehende Arbeitsschritte und wurde nicht in dieser Arbeit durchgeführt.

Insgesamt waren somit 130 Studien im Volltext verfügbar, 106 aus der ursprünglichen Datenbank und 24 aus der Liste der neu gefundenen Studien. Nach Einsicht der Volltexte wurden 87 nicht in der Auswertung berücksichtigt. Die Gründe hierfür waren: Studie fand im Süßwasser statt (n = 66 Studien), Studie behandelt Thunfische (n = 11), Studie behandelt kommerzielle Fischerei (n = 7) Daten der Studie wurden bereits anderweitig berücksichtigt (n = 3) (Abb. 1).

Die 43 verbleibenden Studien wurden für die Analyse verwendet. Alle 43 Studien wurden zum narrativen Beschreiben der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens genutzt. Für die Bestimmung der mittleren Sterblichkeitsraten konnten 25 der 43 Studien verwendet werden. 18 Studien wurden hierfür nicht berücksichtigt. Die Gründe waren: es wurde keine Sterblichkeit berichtet (n = 12), die Sterblichkeitsrate wurde nicht anhand eigener Beobachtungen ermittelt (n = 2), die Studie ist eine Übersichtsarbeit (n = 4) oder die Studienergebnisse sind noch nicht so weit ausgewertet, dass eine Sterblichkeitsrate abgeleitet werden kann (n = 1).

2.3 Extraktion der Daten

Aus den 22 Studien, die für die Ermittlung der Sterblichkeitsraten geeignet waren, wurden die relevanten Daten extrahiert, die mit den Auswirkungen nach dem Fangen und Zurücksetzen zusammenhingen. Dazu wurde eine Excel-Tabelle als Studiendatenbank zur Extraktion der Studiendaten angelegt. Im ersten Teil, der die Studie an sich beschrieb, wurden die allgemeinen Studiendaten, beispielsweise Autoren, Herkunft der Autoren, der Zeitraum der Studie, die untersuchten Determinanten, die untersuchten Fischarten, die Untersuchungsmethoden, die Anzahl der untersuchten Fische und das untersuchte Habitat zusammengefasst. Jede Studie wurde einem der vier Designs G, A, CI und BACI zugeordnet. G steht für „Gradientenstudien“ und ist eine beobachtende Studie ohne Kontrolle. A steht für „after impact only“ und ist eine experimentelle Studie ohne Kontrolle. CI steht für „control impact“ und ist eine kontrollierte Studie. BACI steht für „before after control impact“ und ermöglicht einen Vergleich von der Kontroll- und Einflussgruppe vor und nach dem Einfluss. Es wurden folgende Studienumgebungen unterschieden: Feldstudie, Mesokosmos (z. B. Netzgehege oder Tanks), experimentelle Teiche, Laborstudie oder Modellierstudie. Ein Mesokosmos ist ein experimentelles, in sich geschlossenes Ökosystem, das eine natürliche Umwelt unter kontrollierten Bedingungen in einem mittleren Maßstab simuliert. Modellierung bezeichnet eine Untersuchung vom Fangen und Zurücksetzen, bei der die Fragestellung mithilfe von Modellierungsdaten untersucht wurde. Des Weiteren wurde das Jahr, in dem eine Studie

begonnen wurde, der Zeitraum, in dem die Daten erhoben wurden, die taxonomische Klassifizierung der Fischart (Ordnung, Familie, Gattung und Art) sowie das Land der institutionellen Zugehörigkeit des Erstautors erfasst. Im zweiten Teil, in dem die Daten zu jedem Sterblichkeitswert in der Studie zusammengefasst wurden, wurde angegeben, welche Faktoren aus Fischbiologie, Umweltbedingungen, Angelgerät, Drill, Handling, Hälterung und Zurücksetzen in Bezug auf die Sterblichkeitsraten durch Fangen und Zurücksetzen untersucht wurden und ob ein signifikanter Einfluss berichtet wurde oder nicht. So wurde zu einer möglichen Determinante, beispielsweise „Bluten“, angegeben, wie viele Fische geblutet haben, wie hoch der prozentuale Anteil der blutenden Fische an der Gesamtzahl der Fische im Experiment war, ob die Determinante hinsichtlich der Sterblichkeit statistisch untersucht wurde, ob sie einen signifikanten Effekt hatte und wie ihre Signifikanz, also der p-Wert, war. Da die Studien nicht alle Daten berichteten, wurden nur die nachvollziehbaren Daten extrahiert. Außerdem wurde hier die Dauer der Sterblichkeitsuntersuchung, also wie lange die Fische nach dem Zurücksetzen beobachtet wurden, und die rohe Sterblichkeit als prozentualer Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl Mortalitäten/Gesamtzahl der Fische) ermittelt. Der dritte Teil fasste als summarische Beschreibung des Studieninhalts zusammen, wie stark die Wirkung der Haupteinflussfaktoren Stressantwort, Verletzung und Umwelt in der Studie war und bewertete die Studiengüte. Im letzten Teil wurden die Studien hinsichtlich der Qualität der Schätzung der Sterblichkeitsrate, der Qualität der Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Endpunkte, der Qualität der Datenberichterstattung und der Generalisierbarkeit der Ergebnisse bewertet sowie Empfehlungen für die Minimierung von Effekten auf die Sterblichkeit, die sich aus der jeweiligen Studie ableiten lassen konnten, gegeben. Gab es in einer Studie mehrere Versuchsgruppen, beispielsweise in Form verschiedener Ködertypen oder Luftexpositionszeiten, wurden die Daten in verschiedenen Zeilen in die Excel-Tabelle eingetragen. Genauso wurde verfahren, wenn eine Studie mehrere Arten untersuchte. Zusätzlich wurde eine Gesamtzeile erstellt, in der alle Ergebnisse der Studie zusammengefasst wurden.

Ein Teil dieser extrahierten Daten wurde für die Auswertung in dieser Arbeit genutzt: Das Land der institutionellen Zugehörigkeit des Erstautors, das Jahr, in dem die Studie begonnen wurde, die taxonomische Klassifizierung, das Studiendesign, die Studienumgebung und die rohe Sterblichkeit.

2.4 Berechnung der Sterblichkeitsrate bei kontrollierten Studien

Bei Studien mit geeigneten Kontrollgruppen wurde die Sterblichkeitsrate der geangelten Fische mit der Sterblichkeitsrate der Fische der Kontrollgruppe nach dem Verfahren von Wilde (2003) korrigiert und die Varianzen (sowohl von roher Sterblichkeit, Kontrollsterblichkeit und Gesamtvarianz) sowie Konfidenzintervalle (95% KI) berechnet. Eine geeignete Kontrollgruppe liegt vor, wenn nicht geangelte Fische unter den gleichen Bedingungen markiert und gegebenenfalls gehältert wurden wie die geangelten Fische. Die rohe Sterblichkeit der geangelten Fische wurde folgendermaßen berechnet:

$$MR = nR/NR \quad (1)$$

und die rohe Sterblichkeit der Kontrollfische entsprechend

$$MC = nC/NC \quad (2).$$

Dabei ist MR die Sterblichkeit der geangelten Fische, nR ist die Anzahl der aufgrund des Fangens und Zurücksetzens gestorbenen Fische und NR ist die Gesamtzahl der beobachteten Fische. MC ist die Sterblichkeit der Kontrollfische, nC ist die Anzahl der gestorbenen Kontrollfische und NC ist die Gesamtzahl der Kontrollfische. Die Varianz wurde mit der Formel

$$Var(MR) = (MR * (1 - MR))/NR \quad (3)$$

bzw.

$$Var(MC) = (MC * (1 - MC))/NC \quad (4)$$

berechnet. Dann folgte die Korrektur der Sterblichkeit:

$$MT = MR - MC \quad (5)$$

MT ist die Kontrollfisch-korrigierte Sterblichkeit durch Fangen und Zurücksetzen, MR ist die Sterblichkeit der geangelten Fische und MC ist die Sterblichkeit in der Kontrollgruppe. Die Varianz der Sterblichkeit ist

$$Var(MT) = Var(MR) + Var(MC) - 1,96 * Cov(MR, MC) \quad (6).$$

Unter der konservativen Annahme, die Sterblichkeit der geangelten Fische ist unabhängig ist von der Sterblichkeit der der Kontrollfische (Wilde 2003), ist $Cov(MR, MC) = 0$ und die Formel vereinfacht sich zu (Wilde 2003):

$$Var(MT) = Var(MR) + Var(MC) \quad (7).$$

Der Standardfehler $SE(MT)$ ergibt sich aus der Quadratwurzel der Varianz. Das 95% Konfidenzintervall wird mit der Formel

$$MT \pm 1,96 * SE(MT) \quad (8)$$

berechnet.

2.5 Bestimmung mittlerer Sterblichkeitsraten über verschiedene Studien einer Art

Die mittlere Sterblichkeitsrate über kontrollierten und unkontrollierten Studien für die einzelnen Fischarten wurde mit der inversen Varianz-Gewichtung als gewichteter Mittelwert geschätzt (Cochran 1954) :

$$x_w = \frac{\sum w_i MT_i}{\sum w_i} \quad (9)$$

mit w_i als inverse Varianz der i-ten Studie und MT_i als die Sterblichkeitsschätzung der i-ten Studie. Dieser Gewichtungsfaktor belohnt Studien mit großen Stichprobenumfängen und entsprechend geringen Varianzen. Eine der von mir untersuchten Studien berichtete von keiner Mortalität, wodurch sich keine Varianz berechnen ließ. Da der Ausschluss von Studie ohne beobachtete Ereignisse zu einer Überschätzung der Mortalität führt (Wei et al. 2021), wurde die Studie mittels einer Kontinuitätskorrektur in die Analyse einbezogen. Hierzu wurden 0,5 zur Anzahl der Mortalitätsereignisse und zur Gesamtzahl der Fische in der Angelgruppe und in der Kontrollgruppe addiert, was die Schätzung der Varianzen bei sehr geringer Sterblichkeit ermöglichte.

2.6 Narrative Beschreibung der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens

Für jede Art wurde zunächst die mittlere Sterblichkeitsrate für kontrollierte Studien und für unkontrollierte Studien berechnet, sofern für eine betreffende Art oder Artengruppe mehr als ein Schätzwert für die Sterblichkeit vorlag. Anschließend wurden aus der publizierten Literatur die Faktoren zusammengefasst, für die die unterschiedlichen Studien einen signifikanten Einfluss auf die Sterblichkeit berichteten. Bei widersprüchlichen Befunden, wenn beispielsweise Studie A einen signifikanten Einfluss der Wassertemperatur auf die Sterblichkeit fand, Studie B jedoch nicht, wurden die Methoden der Studien näher untersucht, um den Widerspruch ggf. zu erklären. Anschließend wurden Faktoren identifiziert, die einen möglichen indirekten Einfluss auf die Sterblichkeit gehabt haben konnten. Dabei handelte es sich um Faktoren, die in den evaluierten Studien keinen direkten signifikanten Zusammenhang

mit der Sterblichkeit zeigten, jedoch einen Einfluss auf Faktoren hatten, die wiederum signifikant mit der Sterblichkeit zusammenhingen. Ein Beispiel hierfür ist ein Ködertyp, der im Vergleich zu einem anderen Ködertyp keinen signifikanten Zusammenhang mit der Sterblichkeit zeigte, jedoch die Hakposition beeinflusste, die wiederum signifikant mit der Sterblichkeit zusammenhing.

Zuletzt wurden nichtletale Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens und ihre Determinanten zusammenfassend aus dem Literaturstand für jede untersuchte Artengruppe dargestellt. Das sind die primären und sekundären Effekte der physiologischen Stressantwort und tertiäre Effekte wie Veränderungen des Verhaltens, der Wachstumsrate oder des Reproduktionserfolges. Auch mögliche Infektionen und Wundheilungsprozesse als Gründe für letale oder subletale Wirkungen wurden analysiert. Schließlich wurden aus der Literatursynthese Empfehlungen für das fischschonende, waidgerechte Zurücksetzen bei Salzwasserarten abgeleitet sowie Forschungsnotwendigkeiten identifiziert.

3. Ergebnisse

3.1 Übersicht der eingeschlossenen Studien

Unter den 25 Studien zur Haksterblichkeit mariner Fischarten durch das Fangen und Zurücksetzen fanden sich elf zu Salmoniformes, sechs zu Pleuronectiformes, vier zu Gadiformes, zwei zu Eupercaria und jeweils eine zu Beloniformes und Mugiliformes (Abb. 2)

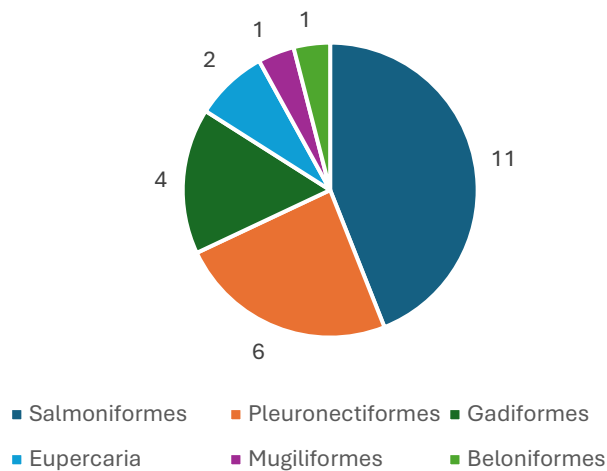


Abbildung 2: Anzahl an Studien mit Angaben zur Haksterblichkeitsrate, nach taxonomischer Ordnung.

Auf Artebene beschäftigten sich die meisten Studien mit dem Silberlachs *Oncorhynchus kisutch* (n=6), gefolgt vom Königslachs *Oncorhynchus tshawytscha*, (n=5), dem europäischen Dorsch *Gadus morhua* (n=4), der Sommerflunder *Paralichthys dentatus* (n=3), dem Wolfsbarsch *Dicentrarchus labrax* (n=2) sowie in Einzelstudien mit Meerforelle *Salmo trutta*, Scholle *Pleuronectes platessa*, Kliesche *Limanda limanda*, Flunder *Platichthys flesus*, atlantischer Heilbutt *Hippoglossus hippoglossus*, Sandgrauer Meeräsche *Myxus elongatus* und zu *Hyporhamphus australis* aus der Ordnung der Hornhechtartigen (Beloniformes) (Abb. 3).

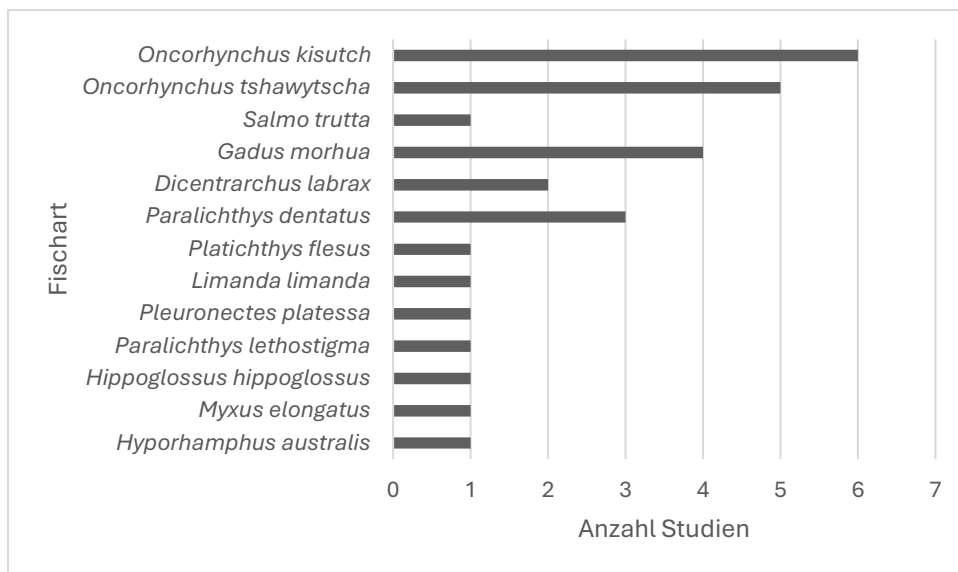


Abbildung 3: Anzahl an Studien mit Sterblichkeitsschätzung zu jeder Fischart.

Die meisten Studien wurden von Autoren mit nordamerikanischer Affiliation (15 von 25) durchgeführt. Bei zehn Studien kam der Erstautor aus einer kanadischen Einrichtung, bei fünf Studien aus einer US-amerikanischen und bei sieben Studien aus einer europäischen, jeweils drei aus Deutschland und Norwegen und eine aus dem Vereinigten Königreich. Bei zwei Studien kam der Erstautor aus einer australischen Einrichtung (Abb. 4).

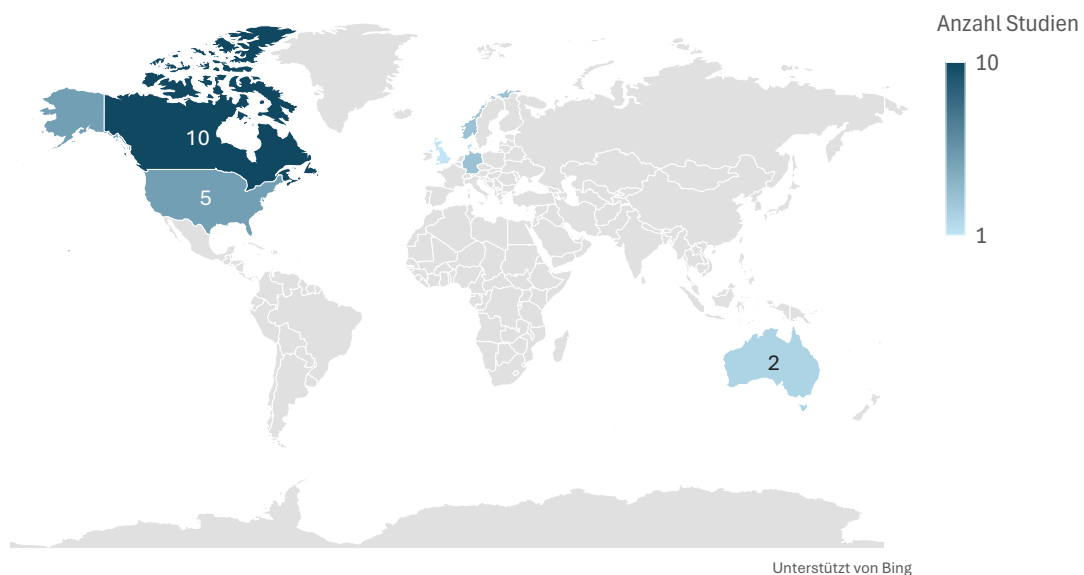


Abbildung 4: Anzahl der Studien pro Land, zu dem die Einrichtung des Erstautors gehört.

Die in den Studien berichteten Haksterblichkeiten reichten von 0 bis 62,5 % mit einem Median von 13,5 %. Acht Studien (32 % aller ausgewerteten Studien) berichteten Sterblichkeitsraten von 0 – 10 %, neun Studien (36 %) 11 – 20 %, vier Studien (16 %) 21 – 30 % und zwei Studien (8 %) 31 – 40 %. Nur zwei Studien (8 %) fanden Haksterblichkeiten von mehr als 40 % (Abb. 5).

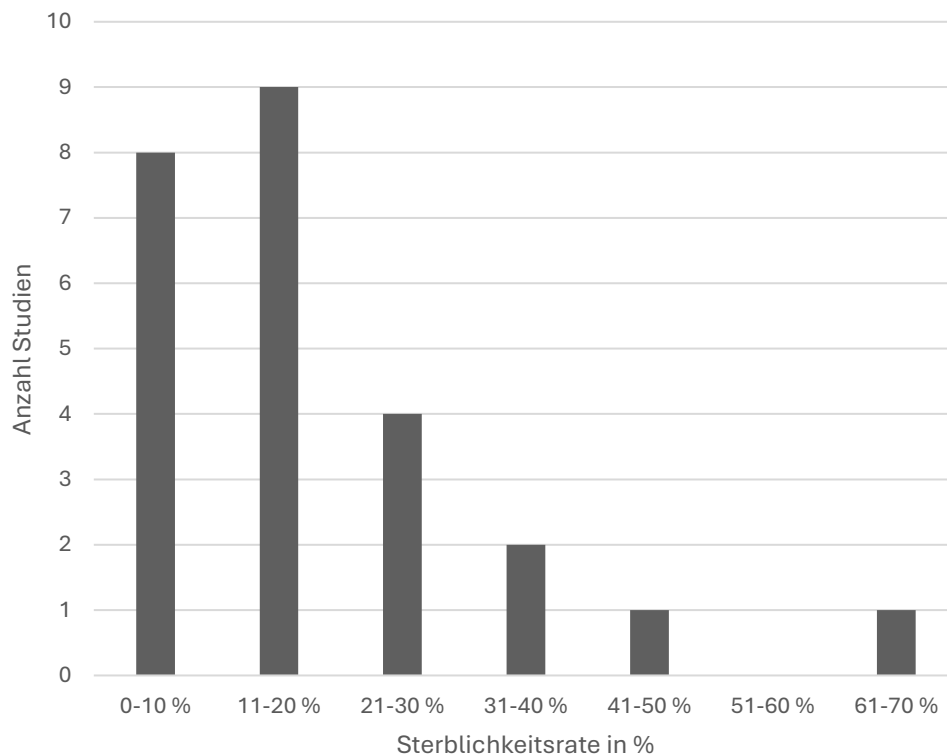


Abbildung 5: Verteilung der Sterblichkeitsraten aus allen Studien. Aus unkontrollierten Studien wurde eine Sterblichkeitsrate als prozentualer Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl Mortalitäten/Gesamtzahl der Fische) verwendet. Aus kontrollierten Studien wurde die kontrollkorrigierte Sterblichkeit verwendet

Methodisch verwendeten die analysierten Studien unterschiedliche Untersuchungsdesigns. Am häufigsten waren „Gradientenstudien und „after impact only“-Studien (jeweils n=9). nutzen ein „control-impact“-Design und nur eine Studie nutzte den methodischen Goldstand „before-after control-impact“ (Abb. 6). Das bedeutet, dass mehr als die Hälfte der Studien keine Kontrollgruppe in das Studiendesign einschlossen.

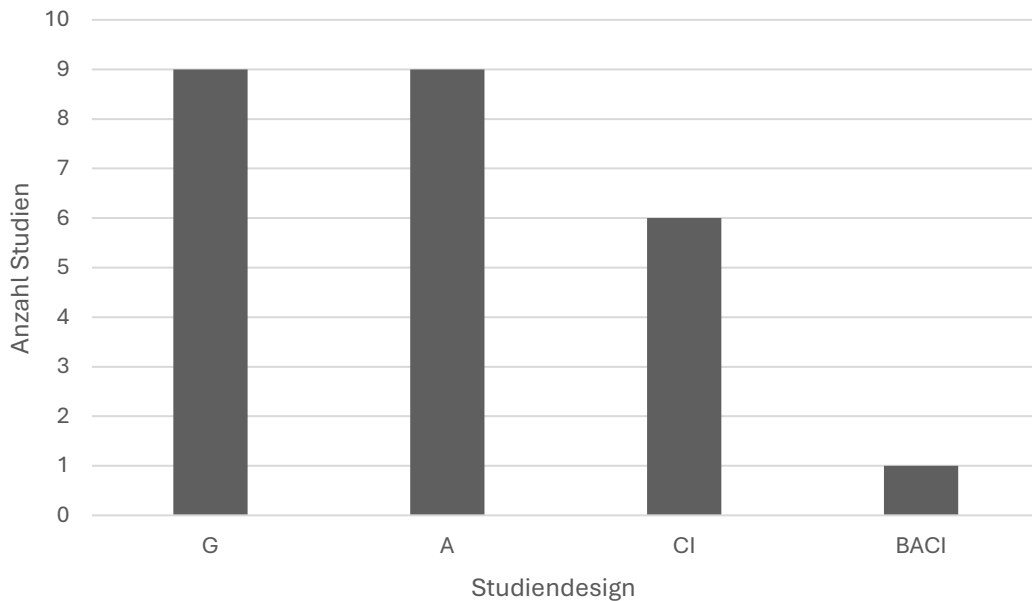


Abbildung 6: Design der Studien, die die Sterblichkeit untersuchen, eingeteilt in G „gradient“, A „after impact only“, CI „control-impact“ und BACI „before-after impact-control“.

Es wurde eine große Vielfalt an Beobachtungsumwelten in den Studien zum Fangen und Zurücksetzen eingesetzt. Zehn Studien untersuchten die Fische im Feld, 13 Studien nutzen Mesokosmos-Umgebungen für die Beobachtung der Fische. Zwei Studien fanden im Labor statt. (Abb. 7).

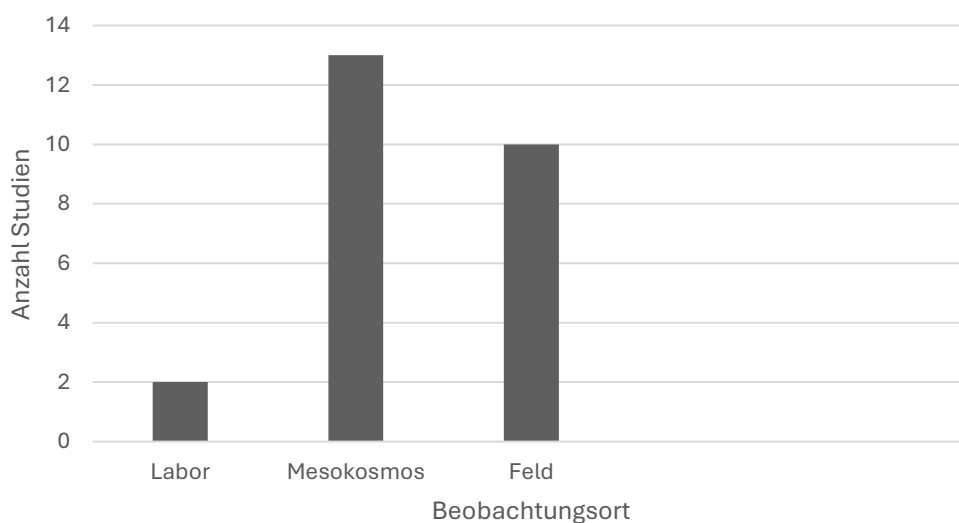


Abbildung 7 Umgebung, in der die Fische nach dem Fangen und Zurücksetzen beobachtet wurden.

Der Beobachtungszeitraum ist ebenfalls wichtig, wenn es darum geht, die Haksterblichkeit zu schätzen. Der Beobachtungszeitraum der in dieser Arbeit ausgewerteten Studien betrug bei fünf Studien weniger als 24 h, bei drei Studien lag er zwischen 25 und 72 h lang, bei weiteren sechs Studien betrug er zwischen 73 und 168 h (eine Woche) und elf Studien beobachteten die Fische länger als eine Woche (Abb. 8).

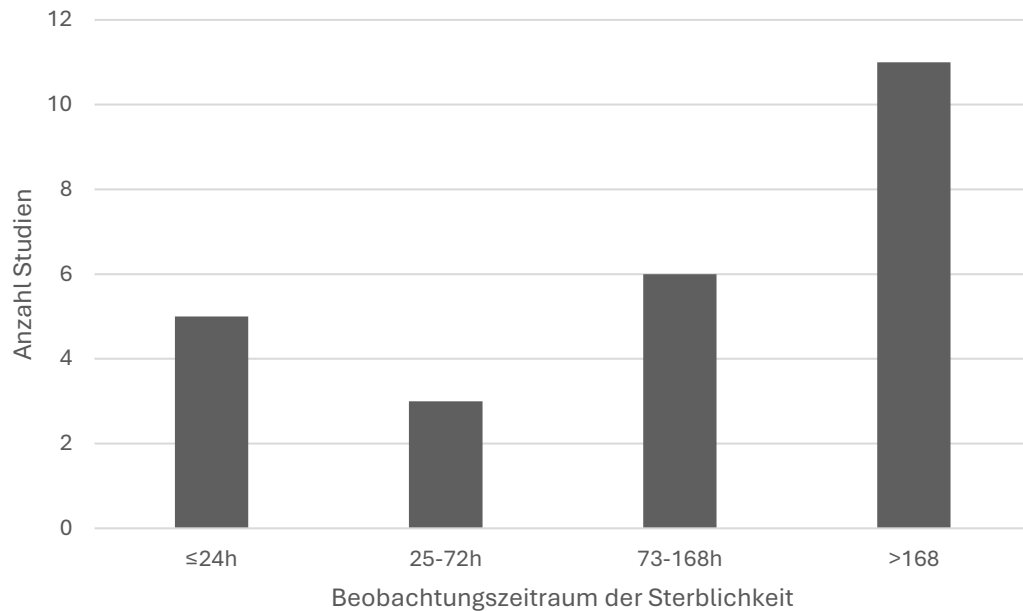


Abbildung 8: Beobachtungszeitraum der Sterblichkeitsraten in den Studien, eingeteilt in die Zeiträume ≤ 24 h, ein bis drei Tage (25-72 h), drei Tage bis eine Woche (73-168 h) und länger als eine Woche.

Die methodischen Details der einzelnen Studien sind Tabelle 1 im Anhang zu entnehmen.

3.2. Übersicht der Sterblichkeiten

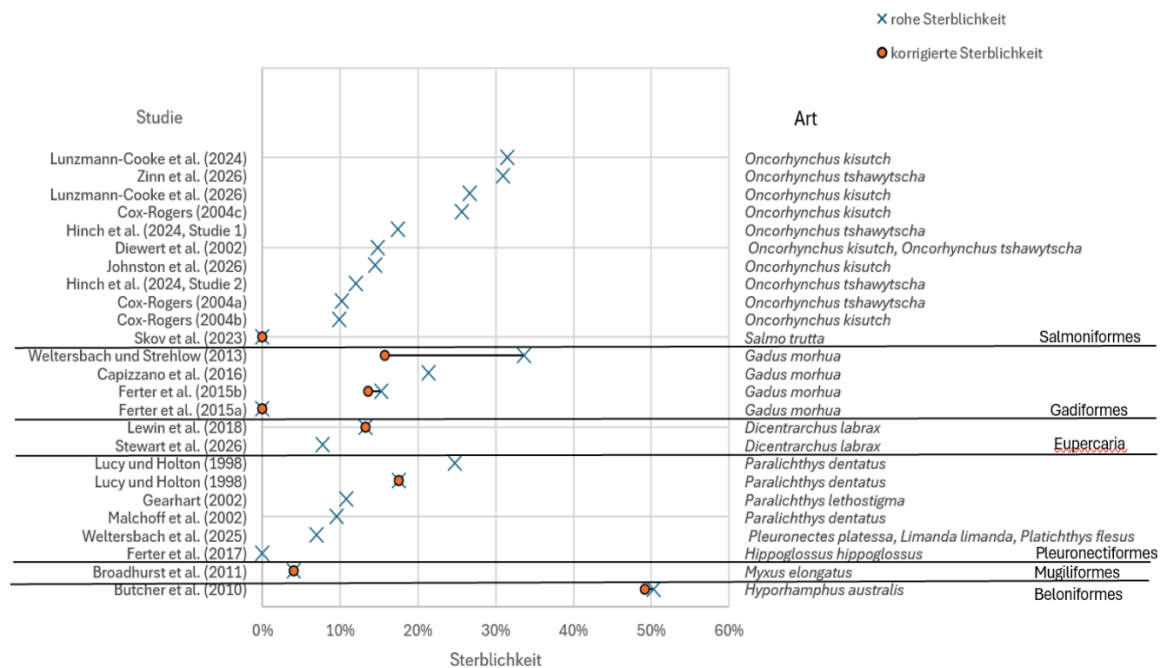


Abbildung 9: Übersicht zu den rohen (X) und korrigierten (o) Sterblichkeiten der untersuchten Salzwasserschichten. Aus jeder der 25 Studien wurde zur Bestimmung der rohen Sterblichkeit der prozentuale Anteil der in der Studie gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der in der Studie untersuchten Fische (Anzahl gestorbener Fische / Gesamtzahl der Fische) verwendet. Bei Vorhandensein einer geeigneten Kontrollgruppe wurde die rohe Sterblichkeit nach Wilde (2003) korrigiert.

Abb. 9 zeigt die rohen und kontrollierten Haksterblichkeiten der einzelnen Studien, dargestellt nach den Rohdaten aus der Tabelle 2 im Anhang. Die rohen Haksterblichkeiten waren sowohl zwischen den Arten und Artengruppen als auch innerhalb dieser variabel und reichten von 0 % (Ferter et al. 2015a; Ferter et al. 2015b; Skov et al. 2023) bei Dorsch, Heilbutt und Meerforelle bis 31,5 % (95% KI: 26,1 – 27,0 %) beim Silberlachs (Lunzmann-Cooke et al. 2024). Insgesamt acht der 25 Studien nutzten geeignete Kontrollgruppen. In drei Studien fiel die kontrollkorrigierte Haksterblichkeit geringer aus als die rohe Haksterblichkeit. Bei Weltersbach und Strehlow (2013) betrug die rohe Sterblichkeit 33,6 % (95% KI: 25,7 – 41,5 %) und die korrigierte Sterblichkeit 15,8 % (95% KI: 4,9 – 26,6 %). Ferter et al. (2015b) berichteten eine rohe Haksterblichkeit von 15,3 % (95% KI: 12,2 – 18,3 %). Die kontrollkorrigierte Sterblichkeit lag bei 13,5 % (95% KI: 8,9 – 18,1 %). Bei Butcher et al. (2010) betrug die rohe Haksterblichkeit 50,3 % (95% KI: 43,1 – 57,5 %) und die kontrollkorrigierte Haksterblichkeit 49,2 % (95% KI: 41,6 – 56,7 %).

3.3 Letale und subletale Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens bei marinen Arten

3.3.1 Salmoniformes

Innerhalb der Ordnung der Salmoniformes wurden Lachsartige (insbesondere der Gattung *Oncorhynchus*) und Forellenartigen (insbesondere Meerforelle) getrennt betrachtet. Dafür gibt es keine taxonomische Begründung, vielmehr unterscheiden sich die betrachteten Arten in Größe und Lebensweise sowie Angeltechnik und somit auch darin, wie sie im Meer geangelt werden. Während Lachse größer werden als Forellen und häufig mit dem Boot abseits des Ufers beim Schleppfischen mit Kunstködern gefangen werden, findet die Angelfischerei auf die kleineren Meerforellen häufig in Ufernähe oder sogar vom Ufer mit Spinngerät oder Fliege statt.

Lachse

Der Atlantische Lachs (*Salmo salar*) ist in den europäischen Küstenmeeren heimisch und wird auch gezielt geangelt, vor allem in der Ostsee. Es existieren zwar zahlreiche Studien zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens beim Angeln auf den atlantischen Lachs im Süßwasser (z. B. Havn et al. 2015; Keefe et al. 2022; Lennox et al. 2017; Lennox et al. 2016), doch es konnten keine abgeschlossenen publizierten Studien identifiziert werden, die zum Atlantischen Lachs im Salzwasser durchgeführt wurden. Die einzige Arbeit wurde in den Jahren 2023 und 2024 in der Ostsee durch das Thünen Institut für Ostseefischerei durchgeführt. Die Daten sind noch nicht vollständig ausgewertet (Stand 07.09.2026). Als vorläufiges Ergebnis wird eine Sterblichkeitsrate von 13,8 % (95% KI: 0,0 - 28,8%) angegeben (ICES 2025). Aufgrund des Fehlens von abgesicherten Daten zum Atlantischen Lachs in der Meeresphase wurde in dieser Arbeit der Kenntnisstand zu den pazifischen Lachsarten Silberlachs (*Oncorhynchus kisutch*) und Königslachs (*O. tshawytscha*) zusammengefasst, in der Annahme, dass entsprechende Daten mit Einschränkungen auf den heimischen Lachs übertragbar sind.

Sterblichkeitsrate

Keine der identifizierten Studien zu den beiden Arten der Gattung *Oncorhynchus* inkludierte eine unbeangelte Kontrollgruppe. Daher konnten für die Lachse nur rohe Haksterblichkeiten abgeleitet werden. Die mittlere gewichtete rohe Sterblichkeit aus den 10 vorhandenen Studien wurde mit 19,3 % (95% KI: 13,9 – 24,6 %) berechnet (Abb. 10). Die Spannweite war

groß (9,9 – 31,5 %). Vor allem die älteren Studien beobachteten die Silberlachse und Königslachse nur über einen kurzen Zeitraum bis zu einem Tag (Cox-Rogers 2004a, 2004b, 2004c; Diewert et al. 2002). Zinn et al. (2026) hingegen fanden bei Königslachsen die höchste Sterblichkeit im Zeitraum von drei bis fünf Tagen nach dem Zurücksetzen. Die Studie von Hinch et al. (2024) wies eine erhöhte verzögerte Haksterblichkeit für Königslachse mit Verletzungen der Augen nach etwa 40 Tagen auf. Daher könnten Studien mit kurzem Beobachtungszeitraum die Sterblichkeit massiv unterschätzen

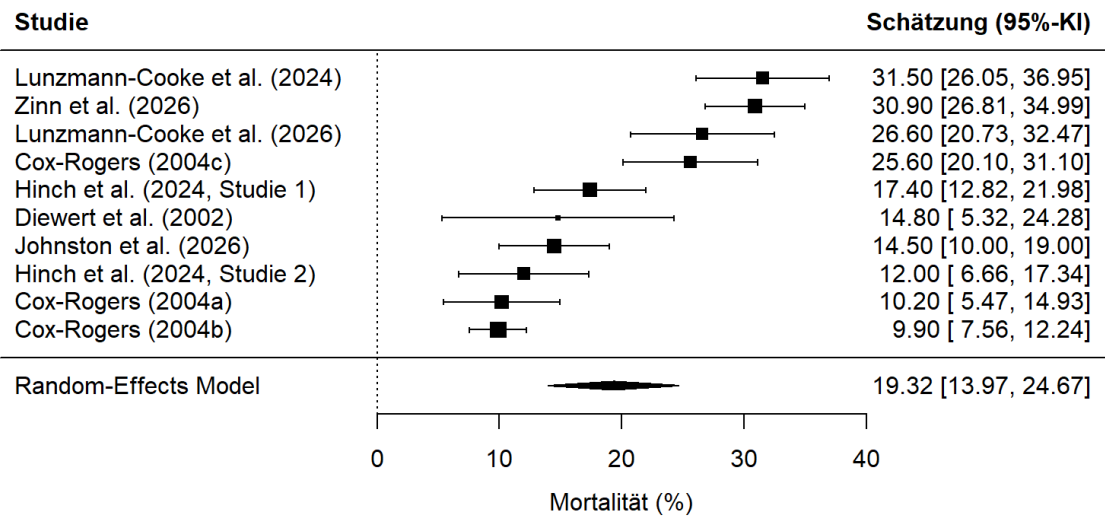


Abbildung 10: Übersicht der rohen Haksterblichkeitsrate jeder unkontrollierten Studie zu pazifischen Lachsen der Gattung *Oncorhynchus* sowie gewichteter meta-analytischer Mittelwert. Die einzelnen rohen Sterblichkeiten umfassen den prozentualen Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl gestorbener Fische / Gesamtzahl der Fische) einer jeweiligen Studie.

Determinanten der letalen und subletalen Effekte

Die Hakposition hatte in einigen Studien einen signifikanten Einfluss auf die Haksterblichkeit der Lachsartigen (Diewert et al. 2002; Cox-Rogers 2004c; Zinn et al. 2026; Pacific Salmon Commission 1997). Je tiefer der Haken geschluckt wurde, desto höher war die Sterblichkeit. Ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Blutung und anschließender Haksterblichkeit konnte ebenfalls wiederholt nachgewiesen werden (Lunzmann-Cooke et al. 2024; Diewert et al. 2002; Johnston et al. 2026; Zinn et al. 2026; Hinch et al. 2024).

Die Verwendung eines Einzelhakens minimierte Hakwunden im Vergleich zu einem Drilling (Zinn et al. 2026) und im Vergleich zu zwei Einzelhaken in einer Tandem-Konfiguration

(Johnston et al. 2026). Einen widersprüchlichen Befund lieferte Gjernes et al. (1993), wo ein Einzellhaken öfter zu tiefen Hakpositionen führte. Allerdings wurden in der Studie mit kleinen Ködern einjährige Lachse von meist weniger als 30 cm Länge geangelt. Somit ist dieses Ergebnis wahrscheinlich weniger repräsentativ für die durchschnittliche Lachsangelei. Größere Haken führten zu mehr Augenschäden (Hinch et al. 2024) und zu stärkeren Verletzungen (Scordino et al. 2025).

Wesentliche Verletzungen, die bei Lachsen häufiger im Zusammenhang mit dem Fangen und Zurücksetzen berichtet wurden, umfassten Verletzungen der Augen, Schuppenverlust und Schäden an Flossen durch Kontakt mit Keschermaterial oder die Handhabung durch den Angler. Verletzungen der Augen führten in den Studien von Hinch et al. (2024) zum Königslachs und Lunzmann-Cooke et al. (2024) zum Silberlachs zu einer schlechteren Überlebensrate. Lunzmann-Cooke et al. (2026), Johnston et al. (2026) und Zinn et al. (2026) untersuchten auch den Effekt von Augenverletzungen, fanden aber keinen direkten Zusammenhang mit der Haksterblichkeit. Allerdings beobachteten Johnston et al. (2026) und Zinn et al. (2026) die Lachse in einem Netzkäfig beziehungsweise in einem Hälterungstank über einen Zeitraum von zehn Tagen. Schäden an den Augen beeinträchtigen wahrscheinlich die Nahrungsaufnahme und die erfolgreiche Flucht vor Fressfeinden, was in diesen Versuchen nicht abgebildet wurde. Hinch et al. (2024) und Lunzmann-Cooke et al. (2024) hingegen untersuchten die Fische im Feld unter Freilandbedingungen mittels akustischer Telemetrie. Auch andere Studiendetails konnten die widersprüchlichen Ergebnisse zu den Auswirkungen von Augenverletzungen erklären. Lunzmann-Cooke et al. (2026) diskutierten zum Beispiel, dass die untersuchten Silberlachse möglicherweise aufgrund des Einsatzes vergleichsweise kleiner Haken generell weniger Augenverletzungen aufwiesen als in anderen Studien. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass unter Freilandbedingungen Augenverletzungen die Sterblichkeit von Lachsen erhöhen, wie in Hinch et al. (2024) und Lunzmann-Cooke et al. (2024) eindeutig nachweisbar war.

Auch der Verlust von Schuppen, der insbesondere durch den Kontakt mit Keschermaterial entstand, erhöhte die Haksterblichkeit pazifischer Lachse. Alle Studien, die den Effekt untersuchten, kamen zu dem gleichen Ergebnis (Hinch et al. 2024; Johnston et al. 2026; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026; Zinn et al. 2026). Schäden an den Flossen, wie sie bei Lachsartigen durch den Einsatz eines Keschers entstehen, können die Sterblichkeit ebenso erhöhen (Hinch et al. 2024; Johnston et al. 2026; Zinn et al. 2026). Lunzmann-Cooke et al. (2026) fanden zwar keinen direkten Zusammenhang zwischen

Flossenschäden und der Sterblichkeit, zeigten aber, dass Flossenschäden die Fische auf nicht letale Weise beeinträchtigen (siehe unten). Nur Lunzmann-Cooke et al. (2024) fanden keinen Zusammenhang zwischen Flossenschäden und der Sterblichkeit bei untersuchten Silberlachsen. Insgesamt scheinen Schäden der Flossen potenziell die Sterblichkeit zu erhöhen.

Die Landung eines Fisches mit einem Kescher, vor allem mit knotenlosen gummierten Modellen, wird allgemein als fischschonend betrachtet. Bei der marinen Lachsangelei sorgten solche Kescher jedoch vor allem für Schuppenverlust und Flossenschäden (Hinch et al. 2024; Johnston et al. 2026; Lunzmann-Cooke et al. 2026; Zinn et al. 2026). In Johnston et al. (2026) wurden unterschiedliche Kescher verwendet, um herauszufinden, welche für Silberlachs am schonendsten sind. Am problematischsten für pazifische Lachse erwiesen sich herkömmliche knotenlose Nylonkescher, gefolgt von modifizierten Keschern mit einer eingelegten vinylbeschichteten Polyestertrage und einer vinylbeschichteten Tragevorrichtung mit einer Polyesterbeschichtung. Die Trage und der modifizierte Kescher führten zu sehr ähnlichen Schuppen- und Flossenschäden. Der herkömmliche Kescher jedoch führte zu mehr Flossenschäden und einem stärkeren Schuppenverlust. Die Sterblichkeitsrate war ebenfalls höher mit dem herkömmlichen Kescher im Vergleich zur Trage und dem modifizierten Kescher, auch wenn der Unterschied nur im Vergleich zur Trage signifikant war, was am ehesten an der geringen Zahl an Mortalitäten gelegen hat. Allerdings führte der modifizierte Kescher häufiger dazu, dass sich ein Fisch in der Schnur eindrehte, was ebenfalls Hautschäden mit sich brachte.

Auch eine längere Luftexposition wurde mit mehr Schuppenverlust und Flossenschäden in Verbindung gebracht (Hinch et al. 2024). Das lag den Autoren zufolge daran, dass ein Fisch, der länger an der Luft gehandhabt wurde, länger dem Risiko von handhabungsbedingten Verletzungen ausgesetzt war.

Die Rolle, die Infektionen in der marinen Freizeitfischerei auf Lachse spielen, ist bisher kaum untersucht. In der Studie von Di Cicco et al. (2023) zeigten nach vier Tagen bereits 19 % der gefangenen Fische lethargisches und abnormales Verhalten und Gleichgewichtsverlust sowie äußerlich erkennbare Läsionen an den Stellen, wo der Haken saß oder wo die Fische zur Handhabung angefasst wurden. Diese wurden auf das Bakterium *Tenacibaculum dicentrarchi* zurückgeführt, welches direkt nach dem Fang noch nicht festgestellt werden konnte.

Kleinere Lachse zeigten nach dem Zurücksetzen oft höhere Sterblichkeitsraten also größere Lachse (Hinch et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026; Zinn et al. 2026). Die Auswirkungen der Fischgröße sind jedoch nicht eindeutig. Einige Studien fanden keinen Einfluss der Fischlänge auf die Sterblichkeitsrate (Cox-Rogers 2004c; Diewert et al. 2002; Johnston et al. 2026). Johnston et al. (2026) diskutierten, dass der eingeschränkte Längenbereich der untersuchten Silberlachse (durchschnittliche Länge von der Maulspitze bis zur Schwanzgabel 65 cm) womöglich für das negative Ergebnis ursächlich war. In Cox-Rogers (2004c) waren die Silberlachse mit einer durchschnittlichen Länge von 89,4 cm von Maulspitze zur Schwanzgabel noch einmal deutlich größer als in den anderen Studien. Diewert et al. (2002) hatte hingegen die Einschränkung einer geringen Stichprobe von 54 Fischen. Nach Studienlage berichteten Arbeiten, die einen Längengradienten von 30 – 90 cm mit einem Mittelwert von 50 cm – 60 cm mit hohen Stichprobenumfängen einsetzten, von einem klaren Längeneffekt in der Richtung, dass kleinere Fische eine höhere Sterblichkeitsrate nach dem Fangen und Zurücksetzen aufweisen als größere Fische (Hinch et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026; Zinn et al. 2026). Dies ist vor allem bedenklich, da durch Regularien wie Mindestmaße vor allem kleine Lachse in hohen Raten zurückgesetzt werden.

Es gibt Indizien, dass auch das Geschlecht eine Rolle bei den Überlebenschancen der Fische spielt. So fanden Zinn et al. (2026), dass männliche Fische eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, die zehntägige Hälterungsperiode zu überleben als Rogner. Ein solcher Effekt wurde in anderen Untersuchungen jedoch nicht nachgewiesen (Cox-Rogers 2004c; Johnston et al. 2026; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026). Allerdings fanden Hinch et al. (2024) nur markierte Männchen und keine markierten Weibchen an bekannten Fortpflanzungsplätzen im Fluss nach dem Aufstieg und vorheriger Beangelung im Meer. Das deutet darauf hin, dass Rogner eine erhöhte Sterblichkeit nach dem Freilassen aufweisen könnten als Männchen.

Eine höhere Wassertemperatur steigerte in mehreren Studien die Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen bei pazifischen Lachsen (Hinch et al. 2024; Zinn et al. 2026). Ab einer Temperatur von 18 °C stieg die Sterblichkeit sowohl bei Silberlachsen (Zinn et al. 2026) als auch bei Königslachsen (Hinch et al. 2024) stark an. Allerdings fanden sich wenige Untersuchungen zu diesem Faktor, obwohl die Wassertemperatur artübergreifend und auch jenseits der Salmoniden einen großen Einfluss auf die Sterblichkeitsrate nach dem Zurücksetzen hat,

insbesondere bei Kaltwasserarten (Bartholomew und Bohnsack 2005; Hühn und Arlinghaus 2011; Muoneke und Childress 1994).

Das aktivere Trolling führte zu niedrigeren Sterblichkeitsraten als das eher passive Motormooching (Cox-Rogers et al. 1999).

Zwei Studien beobachteten die Prädation von Lachsen während des Drills oder nach dem Zurücksetzen. In Lunzmann-Cooke et al. (2024) wurde mindestens ein Fisch von einem unbekannten Tier gefressen, während in Diewert et al. (2002) elf Fische vor der Landung von Robben gefressen wurden und elf weitere Fische möglicherweise nach dem Zurücksetzen ebenfalls von Robben erbeutet werden konnten. Prädationsraten können aber auch für eine einzelne Fischart je nach Gewässer aufgrund verschiedener Prädatoren und Prädatordichten stark variieren (Pacific Salmon Commission 1997). Eine Quantifizierung des Prädationseinflusses auf die Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen erscheint damit nur auf Gewässerebene relevant, da natürliche Prädatoren nicht überall in relevanter Dichte vorkommen.

Die Temperatur hat vermutlich Auswirkungen abseits der Sterblichkeit. In einer marinen Umgebung, in der das Wasser tiefer ist, können sich Fische nach dem Fangen und Zurücksetzen in tiefere Bereiche zurückziehen, wo das Wasser kälter ist, um sich besser von der Anstrengung des Angelereignisses zu erholen (Hinch et al. 2024). Diese Erholung kann ein kompetitiver Nachteil werden, wenn dadurch die Migration hin zu flachen Küstenregionen während der Migration zu Laichplätzen verzögert wird oder dadurch die Nahrungsaufnahme vorerst beeinträchtigt ist.

Der Verlust von Schuppen scheint nicht nur einen Einfluss auf die Sterblichkeit zu haben. Fische mit Flossenschäden waren auf ihren Migrationsrouten langsamer (Lunzmann-Cooke et al. 2024). Das könnte zu einer späteren Ankunft an Laichplätzen und einem verringerten Fortpflanzungserfolg führen (Richard et al. 2013).

Es gab Hinweise, dass eine längere Luftexposition und mehr Flossenschäden die Chance vermindern, dass die Fische ihre Migration bis zu den Laichplätzen erfolgreich schaffen (Hinch et al. 2024; Prystay et al. 2025).

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Nach Sichtung der Lachsliteratur für die marine Phase lassen sich einige Empfehlungen für schonendes Zurücksetzen ableiten. Für die Praxis empfiehlt es sich, Einzelhaken mit einer geringen Schenkelweite zu fischen. Auf Kescher zum Landen von Lachsen ist zu verzichten.

Fische, die zurückgesetzt werden sollen, sollten stattdessen direkt an der Wasseroberfläche vom Haken gelöst werden. Dabei kann eine Zange oder ein spezieller Gaffhaken helfen. Sind an einer Angelstelle viele kleine Fische oder Prädatoren, sollte die Angelstelle gewechselt werden. Bei Wassertemperaturen über 18 °C sollte vom Zurücksetzen abgesehen werden. Statt passiverem Motormooching ist das Trolling als aktivere Köderpräsentation zu bevorzugen.

Mögliche Langzeitfolgen, wie die Auswirkungen eines Fanges im Meer auf den Laicherfolg und das Wachstum, sind nur teilweise bekannt. Es besteht dringender Forschungsbedarf am atlantischen Lachs, da nicht klar ist, ob die Erkenntnisse zu den pazifischen Lachsen so auf diese Art übertragbar sind. Hühn und Arlinghaus (2011) berichteten beispielsweise eine im Durchschnitt eine geringere Haksterblichkeit für den atlantischen Lachs als für pazifische Lachse.

Meerforelle (*Salmo trutta*)

Die als Meerforelle bezeichnete Fischart ist die anadrome Form der Bachforelle *Salmo trutta*, die ins Meer abwandert und zum Laichen wieder in Zuflüsse einwandert. Zur Meerforelle wurde eine Studie identifiziert, die die Sterblichkeit nach dem Fangen und Zurücksetzen im Salzwasser untersuchte (Skov et al. 2023).

Sterblichkeitsrate

Alle der 127 geangelten Fische und 52 Kontrollfische überlebten die 26 bis 29 Tage dauernde Hälterungsperiode (Skov et al. 2023), die rohe Haksterblichkeit betrug 0 %. Allerdings wurde die Studie in einem Mesokosmos mit kleinen Fischen von etwa 30 cm Länge aus einer Fischeaufzucht bei niedrigen Temperaturen (mittlere Wassertemperatur 7,3 °C) durchgeführt. In dem Mesokosmos konnten die Köder nicht weit geworfen werden. Zusammen mit den kleinen Zuchtfischen führte das zu unrealistisch kurzen Drillzeiten. Bei wilden Fischen verschiedener Größe in ihrer natürlichen Umgebung und in verschiedenen Wassertemperaturen könnte die Sterblichkeitsrate erheblich höher sein als in Skov et al. (2023) berichtet.

Determinanten letaler und subletaler Effekte

Aufgrund der fehlenden Studienlage konnten keine Faktoren identifiziert werden, die mit einer erhöhten Sterblichkeit zusammenhängen. Allerdings gibt es einige Studien zu den Determinanten von subletalen Effekten. Neben Skov et al. (2023) untersuchten Blyth und Bower (2022) sowie Skov et al. (2022) verschiedenen Variablen und ihre Auswirkungen auf

Blutungen und Hakpositionen. Die Verwendung von Drillingen bei Kunstködern führte zu längeren Handhabungszeiten beim Abhaken durch den Angler als die Nutzung von Einzelhaken (Blyth und Bower 2022) oder die Nutzung einer Fliege (Skov et al. 2023). Bei der Auswirkung des Hakentyps auf die Hakverletzungen ergaben sich jedoch widersprüchliche Befunde. Die „Citizen-Science“, Studie Skov et al. (2022) stellte fest, dass ein Einzelhaken im Vergleich zum Drilling häufiger zu tief sitzenden Haken führte, während Blyth und Bower (2022) mehr tief sitzende Haken bei der Verwendung von Drillingen beobachteten. Das Angeln mit der Fliege führte sowohl bei Skov et al. (2022) als auch bei Blyth und Bower (2022) zu weniger Blutungen als die Verwendung von Kunstködern. Außerdem beobachteten Skov et al. (2022), dass größere Fische bei tief sitzenden Haken seltener bluteten als kleinere Fische. Wärmeres Wasser führte generell zu erhöhter Blutung.

In Skov et al. (2023) wurde auch untersucht, wie Hakwunden nach dem Fang abheilten und ob das Fangereignis das Wachstum der Meerforellen beeinträchtigte. Zum Einschätzen der Wundheilung wurde jedem gefangenen Fisch am Ende der mindestens 26 Tage langen Hälterungsperiode ein Wundheilungsscore zwischen eins und vier zugeteilt, wobei eins bedeutete, dass keine Wunde sichtbar war und vier bedeutete eine starke Entstellung und/oder Narbengewebe. 33 % der Fische hatten einen Score von eins, 37 % hatten einen Score von zwei, 23,6 % hatten drei und 6,3 % hatten einen Score von vier. Dabei hatten Fische, die mit Drilling gefangen wurden, einen signifikant schlechteren Wundheilungsscore als Fische, die mit der Fliege gefangen wurden. Auch bei Einzelhaken fiel der Score höher aus als bei der Fliege, hier war der Unterschied jedoch nicht signifikant. In der Studie hatten acht Fische nach dem Fang eine Augenverletzung. Diese heilte jedoch in allen Fällen gut ab und keiner der Fische war am Ende des Experiments auf einem Auge blind. Das ist unerwartet, da Augenverletzungen bei den verwandten Lachsen häufig zu einer schlechteren Überlebensrate führten (s. oben). Allerdings führten Skov et al. (2023) ihre Versuche an Zuchtfischen in einem Mesokosmos durch. Es bleibt daher unklar, ob Augenverletzungen bei wilden Meerforellen in ihrer natürlichen Umgebung ähnliche Auswirkungen haben wie bei pazifischen Lachsen.

Bei der Untersuchung der Wachstumsraten stellten Skov et al. (2023) nach 26 Tagen keinen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Angelmethoden (Kunstköder mit Einzelhaken und mit Drilling sowie Fliege), den Größen, den Hakpositionen, den Wundscores, den Luftexpositionen, Drillzeiten, den Blutungen und der Kontrollgruppe fest. Das Fangen und Zurücksetzen hatte also keinen nachweisbaren Einfluss auf die Wachstumsrate.

Allerdings fand die Studie von Skov et al. (2023) in einem Mesokosmos statt. Für das Freiland ist es nicht bekannt, ob einmal zurückgesetzte Wildforellen anders wachsen als unbeangelte Vergleichsfische.

Blyth und Bower (2022) untersuchten die Auswirkungen des Fangens auf den Laktat- und Glukosespiegel im Blut sowie auf typische Reflexe (RAMP). RAMP steht für „Reflex Action Mortality Predictors“, also reflexbasierte Prädiktoren der Mortalität. Typische Reflexe sind die Fluchtreaktion nach dem Ergreifen des Schwanzes durch den Angler, die Körperbeugungsreaktion, die regelmäßige Kiemendeckelbewegung oder auch der Orientierungsreflex um Reflexe, die nach dem Fang am Fisch schnell getestet werden können (Brownscombe et al. 2017). Sind diese Reflexe nicht beeinträchtigt, kann ein gefangener Fisch in der Regel bedenkenlos zurückgesetzt werden, eine starke Beeinträchtigung kann auf geringere Überlebenschancen des Fisches hindeuten (Brownscombe et al. 2017). Sowohl längere Drill- und Handhabungszeiten als auch höhere Wassertemperaturen erhöhten die Laktatkonzentration im Blut der Fische. Höhere Glukosewerte wurden nicht durch einzelne Faktoren bedingt, sondern traten bei Kombinationen auf. Bei höheren Wassertemperaturen ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) erhöhten eine längere Drillzeit, das Vorhandensein von Blutungen oder anderen Verletzungen, zunehmende Fischlänge und eine schlechte körperliche Kondition die Glukosekonzentration im Blut. Bei längeren Drillzeiten führten eine längere Luftexposition, eine höhere Wassertemperatur und zunehmende Fischlänge sowie eine schlechtere Kondition der Fische zu erhöhten Glukosekonzentrationen im Blut. Meerforellen, die vor kurzem erst gelaicht hatten, waren anfällig für erhöhte Glukosewerte, wenn sie einer längeren Handhabungszeit und Luftexposition ausgesetzt waren, größer waren oder sich in einer schlechteren körperlichen Kondition befanden. Fische schnitten schlechter in den Reflextests ab, wenn sie bluteten, Verletzungen aufwiesen, die Wassertemperatur hoch war oder sie eine geringere Körperlänge hatten.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Für die Praxis empfiehlt es sich, auf Drillinge zu verzichten. Des Weiteren sollte die Dauer der Luftexposition möglichst unter zehn Sekunden gehalten werden, da längere Luftexpositionen die physiologische Belastung in der einzigen gefundenen Untersuchung erhöhten. Nach langen Drillzeiten und hohen Wassertemperaturen ist eine Verringerung der Luftexposition besonders wichtig. Falls möglich, sollten untermaßige Fische direkt im Wasser abgehakt und freigelassen werden.

Diese Empfehlungen sollten angesichts der dünnen Studienlage mit Vorsicht interpretiert werden. Es besteht zur Meerforelle dringender Forschungsbedarf. Zum einen ist unklar, ob sich die Befunde aus Skov et al. (2023) mit einer niedrigen Sterblichkeit, generell guter Wundheilung und keiner vorhandene Wachstumsverzögerung auf die Angelei bei verschiedenen Umweltbedingungen und Fischgrößen in der natürlichen Umgebung übertragen lassen (siehe Poole et al. 2003). Zum anderen sind weitere mögliche nicht letale Auswirkungen, wie ein verminderter Reproduktionserfolg oder eine höhere Anfälligkeit für Prädation, bisher an Meerforellen nicht untersucht worden.

3.3.2 Gadiformes

Innerhalb der Gadiformes wurden Studien zum europäischen Dorsch (*Gadus morhua*) und Pollack (*Pollachius pollachius*) gefunden. Zum Seelachs (*Pollachius virens*) und Wittling (*Merlangius merlangus*) existierten keine Haksterblichkeitsstudien.

Atlantischer Dorsch (*Gadus morhua*)

Es wurden vier Studien zur Haksterblichkeit beim Dorsch (*Gadus morhua*) identifiziert. Zwei Studien beobachteten die Fische in Käfigen (Ferber et al. 2015b; Weltersbach und Strehlow 2013) und zwei beobachteten die Fische im Feld (Capizzano et al. 2016; Ferber et al. 2015a). Drei Studien waren kontrolliert (Ferber et al. 2015a; Ferber et al. 2015b; Weltersbach und Strehlow 2013), davon eine im BACI-Design (Ferber et al. 2015a). Einer Studie fehlte eine geeignete Kontrollgruppe (Capizzano et al. 2016).

Sterblichkeitsrate

Aus den kontrollierten Studien ließ sich eine gewichtete mittlere Sterblichkeitsrate von 13,1 % (95 % KI: 9,1 – 17,2 %) für Dorsche schätzen (Abb. 11). Diese Mittelwertschätzung ist jedoch als Überschätzung der tatsächlichen mittleren Sterblichkeit anzusehen, denn in einer der drei Studien (Ferber et al. 2015b) wurden zwei Experimente durchgeführt, in denen methodische Entscheidungen die nachgewiesene Sterblichkeit nach dem Freilassen deutlich beeinflussten. In einem Experiment wurden die Dorsche nach dem Fang aus Tiefen von 4 – 90 m in einem Käfig an der Oberfläche gehalten. Da die Fische nicht wieder zurück in die Tiefe konnten, fiel die Sterblichkeit aufgrund von Barotraumaeffekten wahrscheinlich deutlich höher als im zweiten Experiment. Hier wurden die Käfige mit den zurückgesetzten Dorschen nach dem Fang aus Tiefen von 7 – 90 m auf die ursprüngliche Fangtiefe herabgelassen. Zieht man für die Berechnung der gewichteten Sterblichkeit kontrollierter Studien nur dieses zweite Experiment in Betracht, beträgt die Sterblichkeitsrate lediglich 2,3 %. Diese äußerst

geringe Sterblichkeitsschätzung könnte allerdings nun eine Unterschätzung der Sterblichkeitsrate sein, denn die sogenannten Floater (Fische, die aufgrund ausgedehnter Gase im Körper nicht wieder abtauchen können) hatten aufgrund des Absenkens der Käfige eine deutlich gestiegene Überlebenschance. Die einzige unkontrollierte Dorschstudie (Capizzano et al. 2016) wies eine rohe Sterblichkeitsrate von 21,3 % (KI: 14,4 – 28,2 %) auf. Letzterer Wert ist jedoch eine methodische Überschätzung der tatsächlichen Sterblichkeit, denn es wurden für jede Verletzungsstufe von vorne im Maul sitzenden Haken bis zu sehr tief sitzenden Haken ähnlich viele Fische markiert. Das führte zu einer Überrepräsentation stark verletzter Dorsche unter den beobachteten Tieren und somit zu mehr Dorschen mit einem erhöhten Sterblichkeitsrisiko als in einer klassischen Angelei. Diesen Aspekt berücksichtigen die Autoren bei der Bestimmung der Überlebensraten durch gewichteten Mittelwert (16,5 %). Auch dieser Wert ist höher als die in der vorliegenden Studie gewichtete mittlere Sterblichkeitsrate bei kontrollierten Studien.

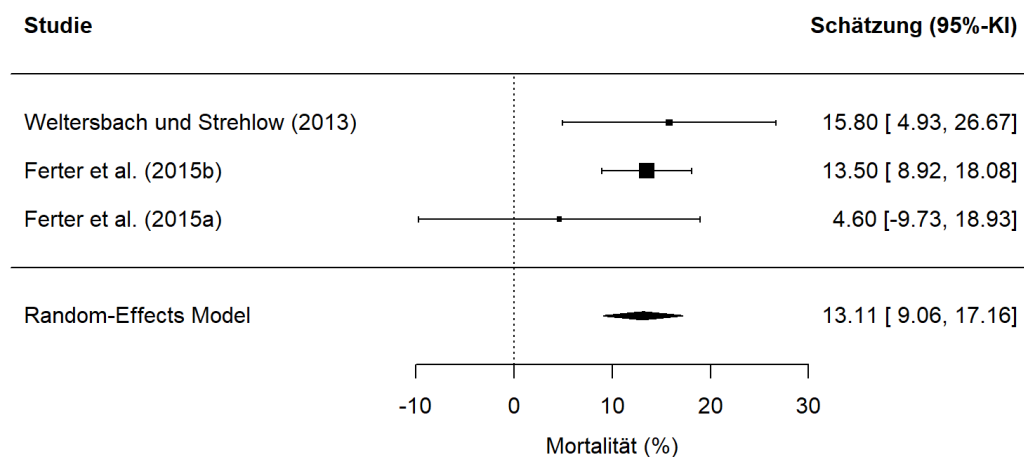


Abbildung 11: Übersicht der Sterblichkeitsrate jeder kontrollierten Studie zum europäischen Dorsch sowie gewichteter Mittelwert. Die einzelnen Haksterblichkeitsschätzungen sind die kontrollkorrigierten Haksterblichkeiten.

Determinanten letaler und subletaler Effekte

Capizzano et al. (2016) identifizierten die Schwere der Verletzung als den Faktor, der die Haksterblichkeit am besten erklärte. In der Studie von Weltersbach und Strehlow (2013) waren es verletzungsbedingte Blutungen. Bei Ferter et al. (2015b) war die Fangtiefe der einzige Faktor, der die Sterblichkeit signifikant beeinflusste. Ein Tiefeneffekt konnte nur in dem Experiment nachgewiesen werden, in dem die Fische nach dem Fang aus Tiefen von 4

– 90 m an der Oberfläche gehalten wurden. Für Tiere, die in größeren Tiefen gefangen wurden, war jedoch auch die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur bei Fangtiefe und der Oberflächentemperatur größer. Durch die experimentbedingte Korrelation zwischen Fangtiefe und Temperatur war es Ferter et al. (2015b) nicht möglich, beide Effekte sauber zu trennen. In Capizzano et al. (2016) wurde kein Effekt der Wassertiefe auf die Sterblichkeit nachgewiesen. Jedoch lagen die Fangtiefen mit 45-83 m weniger weit auseinander als die 4-90 m in Ferter et al. (2015b). Und in Ferter et al. (2015b) setzte man die Dorsch nach dem Fangen in Käfige zurück, während sie bei Capizzano et al. (2016) nach der Besenderung im Meer freigelassen wurden. Weltersbach und Strehlow (2013) untersuchten die Fangtiefe nicht, da sie mit 9-14 m wenig Variabilität hatten und es keine äußerlichen Anzeichen von Barotrauma gab. Somit ist der Effekt der Fangtiefe auf die Sterblichkeit noch nicht zweifelsfrei geklärt.

Die Schwere der Hakverletzungen als direkter Treiber der Sterblichkeit war bei kleinen Dorschen signifikant höher als bei großen Dorschen und stieg auch bei Anglern mit weniger Erfahrung, bei längeren Drill- und Handhabungszeiten und bei der Nutzung von Pilkern mit Drilling im Vergleich zur Nutzung von Naturködern (Capizzano et al. 2016). Letzteres ist interessant, da Naturköder eigentlich mit einer erhöhten Sterblichkeit in Verbindung gebracht werden als Kunstköder, da erstere von Fischen eher tief geschluckt werden (Bartholomew und Bohnsack 2005; Muoneke und Childress 1994; Hühn und Arlinghaus 2011). Allerdings werden Pilker beim Vertikalangeln aggressiv gefischt und sorgen häufig zum sogenannten Querhaken. Das heißt, der Fisch wird nicht im Maul gehakt, sondern der Haken greift außerhalb am Fischkörper. Dies führte in der Studie zu schwereren Verletzungen, die ursächlich für die Sterblichkeit sein könnten. Auch Weltersbach et al. (2019) fanden, dass Pilker die Wahrscheinlichkeit für Querhaken erhöhen. In dieser Studie führten Naturköder aber zu mehr tiefer sitzenden Haken und zu häufigerem Bluten. Bluten war in Weltersbach und Strehlow (2013) der Faktor, der zu einer höheren Sterblichkeitsrate führte (s. oben).

Barotrauma wurde am Dorsch ausführlich in Ferter et al. (2015b) untersucht. Äußerliche Anzeichen von Barotrauma waren vor allem eine geschwollene Leibeshöhle und der Austritt von Gas im Analbereich. Ab einer Tiefe von 41 – 50 m zeigten alle untersuchten Dorsche Barotrauma-Symptome. Interne Symptome umfassten gerissene Schwimmblasen, Gas unter dem Peritoneum und die Bildung von Gasbläschen im venösen Blutsystem, also Embolien. Ab einer Tiefe von sieben Metern wurde bei einem Dorsch das Reißen der Schwimmblase festgestellt. Mit zunehmender Tiefe stieg die Häufigkeit gerissener Schwimmblasen bei den

untersuchten Dorschen signifikant. Bei einer Tiefe von 13,1 Meter hatten die Dorsche eine 50 %ige Chance, dass ihre Schwimmblase riss und bei Tiefen unter 19 Metern wiesen alle untersuchten Fische eine gerissene Schwimmblase auf. Alle Fische mit gerissener Schwimmblase hatten Gas unter dem Peritoneum. Ab einer Tiefe von 19,7 m gab es eine 50 %ige Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Gasembolien. Bei vielen Dorschen bildete sich ein Austrittsweg für Gas vom hinteren Ende der Schwimmblase hin zum Anus. Auch der Heilungsprozess wurde untersucht. Nach 6 Tagen hielten fast alle Schwimmblasen einem Druck von mindestens 40 mmHg stand. Das deckt sich mit einer Untersuchung an pazifischen Dorschen (*Gadus macrocephalus*), wo nach 24 h alle gerissenen Schwimmblasen wieder verschlossen waren (Nichol und Chilton 2006). Die Gasembolien verschwanden bei fast allen untersuchten Dorschen nach drei Tagen, der Austrittsweg für Gas vom hinteren Ende der Schwimmblase zum Anus verschwand 32 Tage nach der Dekompression in allen untersuchten Dorschen. Wie bereits ausgeführt überlebten bei Ferter et al. (2015b) alle Dorsche, die nach dem Fang auf Fangtiefe zurückgebracht wurden. Dorsche scheinen also dazu in der Lage zu sein, sich von den Verletzungen des Barotraumas zu erholen, sofern sie in die Fangtiefe zurückschwimmen können.

Prädation durch natürliche Räuber kann auch eine Rolle spielen und wurde in Capizzano et al. (2016) beobachtet. Von den 602 in der Studie freigelassenen Dorschen trieben 32 (5,2 %) nach dem Zurücksetzen an der Oberfläche und waren nicht in der Lage, abzutauchen. Davon wurden neun Dorsche (29 %) von Seevögeln erbeutet.

Weltersbach und Strehlow (2013) stellten fest, dass ein kleinerer Teil der geangelten Fische während des 10-tägigen Beobachtungszeitraums in den Hälterungskäfigen weniger Nahrung zu sich nahm als die Kontrollfische. Des Weiteren stellten sie bei etwa einem Viertel der Fische bakterielle Infektionen an den Stellen, wo der Haken saß, fest. Und in den Untersuchungen von Ferter et al. (2015a) zeigten 3 von 9 zurückgesetzten Dorschen kurzzeitige Verhaltensänderungen, die 10 – 15 Stunden andauerten.

Weltersbach et al. (2019) fanden bei Untersuchungen von Anglerfängen auf der Ostsee heraus, dass man mit Gummifischen im Schnitt größere Fische fängt (Durchschnittsgröße 44,5 cm), gefolgt von Pilkern (41 cm) und Naturködern (25 cm). Während alle drei Ködertypen vergleichbar viele Fische fingen, wurden bei der Naturköderangelei signifikant mehr Fische zurückgesetzt, da sie unter dem Mindestmaß lagen.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Für die Praxis empfiehlt sich der Einsatz absenkbarer Käfige, mit denen die Tiere zurück in die Tiefe gebracht werden können, wenn sie dies nicht von allein schaffen. Gummifische mit Einzelhaken sollten bevorzugt verwendet werden, sie reduzieren sowohl die Menge kleiner Fische als auch die Verletzungsschwere. Pilker sollten mit Einzelhaken gefischt werden, um weniger Fische querzuhaken.

Für die Forschungspraxis verdeutlichen die Dorschstudien die immense Bedeutung einer angemessenen Methodik, die es den Dorschen ermöglicht, nach dem Fang auf hohe Fangtiefen zurückzuschwimmen. Andernfalls kommt es zu Fehleinschätzungen der entstehenden Sterblichkeit.

Weiterer Forschungsbedarf besteht zu subletalen Effekten, vor allem Wachstum und Reproduktion. Auch Untersuchungen zur Uferangelei sind nötig, denn da gibt es Hindernisse im Wasser, die potenziell zu Verletzungen während des Drills führen können und Fische könnten während der Handhabung mit verschiedenen Uferuntergründen in Kontakt kommen. Des Weiteren sollte die Auswirkung der Fangtiefe über einen großen Tiefenbereich an Fischen im Feld untersucht werden

Pollack (*Pollachius pollachius*)

Stamp et al. (2026) ist im Studienpool die einzige Studie, die sich mit den Auswirkungen des Fangens und Freilassens beim Pollack (*Pollachius pollachius*) beschäftigte. Untersucht wurde, ob die Fische nach dem Freilassen aktiv wegschwammen oder nicht – ein Indikator für die sofortige Sterblichkeit. Ein Teil der Fische wurde nach dem an der Oberfläche freigelassen und ein anderer Teil in der Fangtiefe. Ein aktives Wegschwimmen wurde bei 56 % der an der Oberfläche freigelassenen Fische dokumentiert und bei 83 % der auf Fangtiefe freigelassenen Fische. Die Fangtiefe hat einen entscheidenden Einfluss auf den Freilasserfolg bei den Fischen, die an der Oberfläche freigelassen wurden. Dieser sank innerhalb der Fangtiefen von 20 – 60 m von 85 % auf 25 %. Bei in der Fangtiefe freigelassenen Fischen sank der Freilasserfolg im gleichen Tiefenbereich nur von 85 % auf 79 %. Außerdem zeigten die Pollacks mit zunehmender Größe eine geringere Wahrscheinlichkeit, nach dem Freilassen aktiv wegzuschwimmen. Ob die Fische verzögert starben, wurde nicht untersucht. Diese Studie belegt ähnlich wie bei den oben besprochenen Dorschstudien, dass methodische Aspekte großen Einfluss auf die Einschätzung der Zurücksetzwirkungen bei in der Tiefe gefangenen Meeresfischen hat. Außerdem deutet die Studie an, dass aus großer Tiefe an der Oberfläche freigelassene Pollack mit zunehmender Fangtiefe stärker belastet werden.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Der Einsatz von Käfigen, um Fische wieder in ihrer Fangtiefe freizulassen, scheint beim Pollack ähnliches Potenzial zu haben wie beim Dorsch. Es besteht aber dringender Forschungsbedarf zu den letalen und subletalen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens beim Pollock, da aus der einzigen vorliegenden Studie keine belastbaren Schlussfolgerungen gezogen werden können. Auch ist die erwartete Haksterblichkeit für diese Fischart unbekannt. Eine Orientierung geben die Dorschstudien, die oben besprochen wurden.

3.3.3 Eupercaria

Innerhalb der Eupercaria wurde in dieser Arbeit der europäische Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) untersucht. Es wurden zwei Studien zum Wolfsbarsch identifiziert. Eine kontrollierte Laborstudie (Lewin et al. 2018) und eine nicht kontrollierte Feldstudie (Stewart et al. 2026).

Sterblichkeitsrate

Die rohe Haksterblichkeit durch das Fangen und Zurücksetzen betrug in der kontrollierten Studie 13,2 % (95%-KI: 7,7 - 18,7 %) und in der unkontrollierten Studie 7,7 % (95%-KI: 4,1 - 11,3 %) (Stewart et al. 2026). Die höhere rohe Haksterblichkeit in der kontrollierten Studie ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die verschiedenen Behandlungsgruppen zurückzuführen, die Lewin et al. (2018) einsetzten. Denn um die Auswirkungen von extrem tief sitzenden Haken zu untersuchen, wurde ein Experiment durchgeführt, in dem das Setzen des Hakens beim Angeln mit Naturködern bewusst verzögerte. Das Experiment führte zu einem hohen Anteil toter Fische. Exkludiert man dieses Experiment aus der Berechnung der Sterblichkeitsrate, errechnet sich eine deutlich geringe mittlere korrigierte Sterblichkeitsrate beim Wolfsbarschangeln von 3,7 % (95%-KI: -0,9 - 8,3 %) in Lewin et al. (2018), die gut mit den Daten aus der Feldstudie von Stewart et al. (2026) korrespondierte.

Determinanten der Sterblichkeit

Lewin et al. (2018) stellte eine erhöhte Haksterblichkeit bei der Verwendung von Naturködern gegenüber Kunstködern beim Wolfsbarschangeln im Labor fest, weil die Naturköder von den Wolfsbarschen tiefer geschluckt wurden und stärkere Verletzungen verursachten. Darüber hinaus war die Haksterblichkeit signifikant erhöht, wenn Fische bluteten oder mehr als 60 Sekunden der Luft ausgesetzt waren, verglichen mit Fischen, die weniger als 30 Sekunden der Luft ausgesetzt waren. Sowohl die Blutungen als auch die Dauer der Luftexposition korrelierten mit der Hakposition. Tief sitzende Haken sorgten für mehr Blutungen und ließen sich schlechter entfernen, wodurch die Luftexposition länger andauerte. Die tief

sitzenden Haken traten nur bei der Verwendung von Naturködern auf. Eine Experimentell verlängerte Luftexposition von 180 Sekunden und 300 Sekunden zeigte keine signifikant erhöhte Sterblichkeitsrate. Beabsichtigtes Herbeiführen tiefsitzender Haken durch die Verwendung von Naturködern und ein verzögertes Setzen des Hakens hingegen führte zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate von 76,5% verglichen mit 0% bei der Verwendung von Kunstködern (Wobbler mit Drillingen und Gummifische mit Einzelhaken) und 13,9% bei der Verwendung von Naturködern mit einem sofortigen Setzen des Hakens.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Für die Praxis empfiehlt sich die Verwendung von Kunstködern anstelle von Naturködern. Kommen Naturköder zum Einsatz, sollte der Haken sofort gesetzt werden, sobald die Bisserkennung erfolgt.

Es besteht auch zum Wolfsbarsch hoher Forschungsbedarf. Nur eine Studie (Lewin et al. 2018) ermittelte Faktoren, die mit der Sterblichkeit zusammenhängen. Diese Studie fand unter Laborbedingungen mit eher kleinen Fischen aus einer Aufzucht statt. Wilde Fische in einem natürlichen Habitat könnten empfindlicher auf Stressoren beim Fangen und Zurücksetzen reagieren, da gezüchtete Fische stressresistenter sind (z. B. Poole et al. 2003). Es gibt keine Untersuchung zur Rolle verschiedener Umweltfaktoren, die die Sterblichkeit beeinflussen können, wie Wassertemperatur oder Wassertiefe. Nicht letale Auswirkungen durch Fangen und Zurücksetzen sind nicht untersucht und ein möglicher Einfluss auf Wachstum und Reproduktionserfolg unklar.

3.3.4 Pleuronectiformes

Bei den Pleuronectiformes, im Sprachgebrauch als Plattfische bezeichnet, wurde in der vorliegenden Arbeit der Heilbutt (*Hippoglossus hippoglossus*) getrennt von den anderen Plattfischarten betrachtet. Aufgrund der Größe dauert der Drill eines Heilbutts deutlich länger, wodurch der Fisch für eine längere Zeitspanne den physiologischen Belastungen des Drills ausgesetzt ist.

Kleinere Vertreter der Pleuronectiformes

Eine Studie untersuchte die Haksterblichkeit der drei heimischen Arten Flunder (*Platichthys flesus*), Kliesche (*Limanda limanda*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*) (Weltersbach et al. 2025). Eine weitere Studie befasste sich mit der verwandten Art südliche Flunder (*Paralichthys lethostigma*) (Gearhart 2002) und drei Studien untersuchten die Sommerflunder

(*Paralichthys dentatus*) (Henderson und Fabrizio 2014; Lucy und Holton 1988; Malchoff et al. 2002)(siehe Abb. 3).

Sterblichkeitsraten

Nur eine der fünf Studien zu den kleinen Plattfischen nutzte Kontrollgruppen (Lucy und Holton 1988). Diese Studie führte fünf kontrollierte Experimente im Labor durch sowie einen nicht kontrollierten Freilandversuch. Die Sterblichkeitsrate der Laborexperimente wurde in der vorliegenden Arbeit als kontrollierte Sterblichkeitsrate ausgewertet. Die Ergebnisse des Freilandversuches flossen in die Sterblichkeitsrate der nicht kontrollierten Studien ein. Die weiteren unkontrollierten Studien sind Gearhart (2002), Malchoff et al. (2002), Henderson und Fabrizio (2014) und Weltersbach et al. (2025). Die rohe Haksterblichkeit der kontrollierten Experimente für die Sommerflunder in Lucy und Holton (1988) betrug 17,3 % (95% KI: 12,4% - 22,1%). Diese Sterblichkeitsrate ist aus methodischen Gründen hoch, denn um die Auswirkungen verschiedener Hakentypen und Hakenlösemethoden zu untersuchen, wurde in vier von fünf Experimenten das Setzen des Hakens bewusst um etwa 30 Sekunden verzögert, was zu mehr tief sitzenden Haken führte, verglichen mit dem ersten Experiment der Studie. In dem Experiment, bei dem das Setzen des Hakens nicht bewusst verzögert wurde, lag die rohe Haksterblichkeit bei 13,6 % (KI: 3,5% - 23,8%). Die mittlere Sterblichkeitsrate für die nicht kontrollierten Studien betrug für alle kleineren Plattfischarten 12,58 % (5,12 – 20,05%) (Abb. 12).

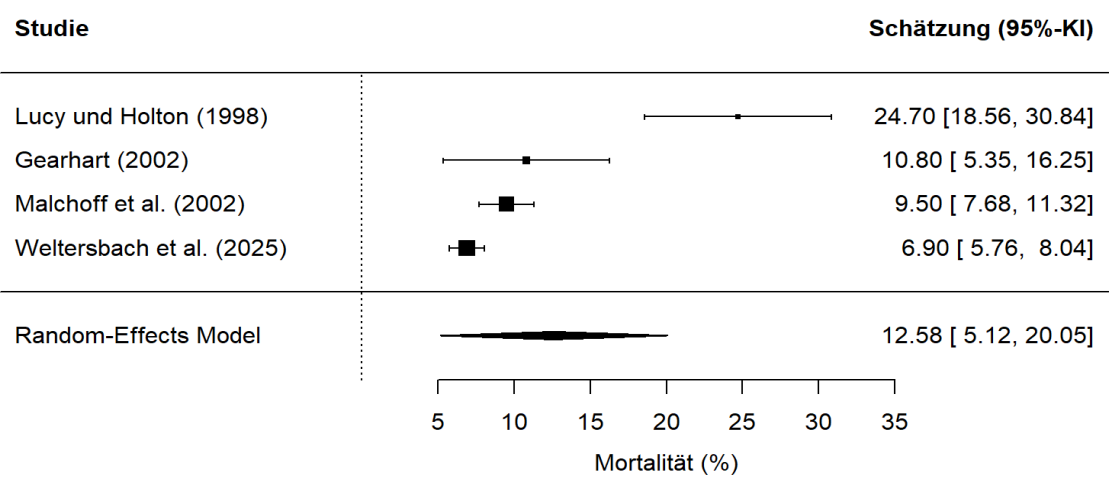


Abbildung 12: Übersicht der Sterblichkeitsrate jeder unkontrollierten Studie zu kleineren Vertretern der Pleuronectiformes sowie gewichteter Mittelwert. Die einzelnen Sterblichkeitsraten sind der prozentuale Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl Mortalitäten/Gesamtzahl der Fische).

Folgende Einschränkungen sind erwähnenswert. Die Studie Henderson und Fabrizio (2014) konnte methodisch nicht berücksichtigt werden, da es sich um eine Markierungs-Wiederfang-Studie mit Modellieransatz (mark-recapture model) handelte, die es dem Bearbeiter nicht erlaubte, die Zahlen gestorbener Fische am Anteil gefangener Fische zu quantifizieren. Die in Henderson und Fabrizio (2014) ermittelte Sterblichkeitsrate betrug 60 % für untermäßige Sommerflundern (>36 cm) und 65 % für mäßige Sommerflundern. Damit liegt sie deutlich höher als die gewichtete mittlere Sterblichkeitsrate von 12,6 % aus den anderen Studien (Lucy und Holton 1988; Malchoff et al. 2002; Gearhart 2002; Weltersbach et al. 2025). Die Autoren von Henderson und Fabrizio (2014) vermuteten, dass die von ihnen ermittelte höhere Sterblichkeitsrate verglichen mit anderen Sterblichkeitsraten zu kleineren Plattfischen durch den eher langen Beobachtungszeitraum von 30 Tagen erklärt werden kann. Das trifft jedoch nur bedingt zu, denn der Beobachtungszeitraum in Lucy und Holton (1988) war in den verschiedenen Experimenten mit sieben bis 21 Tagen ebenfalls länger (siehe Abb. 8). 95 % der Sterblichkeit trat in der Studie aber innerhalb der ersten drei Tage auf. Der längere Beobachtungszeitraum allein kann die hohe Sterblichkeit also nicht erklären. Allerdings könnte die Wassertemperatur einen entscheidenden Einfluss auf die hohe Sterblichkeitsrate gehabt haben. Henderson und Fabrizio (2014) gaben an, dass die Studie während der wärmsten Zeit des Jahres durchgeführt wurde. Genaue Temperaturangaben wurden aber nicht berichtet, weshalb ein Vergleich zu anderen Studien nicht möglich ist. Henderson und Fabrizio (2014) fanden im Gegensatz zu den anderen Studien im Feld statt. Daher könnten Prädationsverluste die hohen Sterblichkeitswerte miterklären. Außerdem gibt es einige weitere Limitationen in der Arbeit von Henderson und Fabrizio (2014). Die Studie konnte z. B. Abwanderung von Fischen aus dem Untersuchungsgebiet nicht von Sterblichkeit unterscheiden. Des Weiteren wurden viele Fische von privaten Anglern markiert. Unter Umständen waren die Angler im Markieren der Fische ungeübter als Wissenschaftler in den anderen Plattfischstudien. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Sterblichkeitsraten bei Plattfischen nach Studienlage stark variieren. Während die gewichtete mittlere Sterblichkeitsrate der unkontrollierten Studien von 12,6 % möglicherweise die reale Sterblichkeit unterschätzt, unter anderem, da diese Studien keine Prädationsereignisse nach dem Zurücksetzen ermöglichen, scheinen die berichteten 60 - 65 % von Henderson und Fabrizio (2014) unrealistisch hoch.

Determinanten der Sterblichkeit

Alle Studien, die an Plattfischen den Effekt der Hakposition als Voraussetzung der Verletzung untersuchten, fanden einen signifikanten Einfluss auf die Sterblichkeit (Gearhart 2002; Malchoff et al. 2002; Lucy und Holton 1988; Weltersbach et al. 2025), wobei tief sitzende Haken zu einer höheren Sterblichkeitsrate führten. Blutungen waren hingegen weniger indikativ dafür, ob Plattfische nach dem Zurücksetzen starben oder nicht. Blutungen wurden in Lucy und Holton (1988), Gearhart (2002) und in Malchoff et al. (2002) untersucht. Malchoff et al. (2002) fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Blutungen und der Sterblichkeitsrate bei der Sommerflunder. In Lucy und Holton (1988) war der Grad der Blutung (Unterscheidung zwischen keine, leichte, moderate und starke Blutung) nur in zwei von vier Experimenten signifikant. In Gearhart (2002) wurde kein Zusammenhang zwischen Blutungen und der Sterblichkeit bei der südlichen Flunder festgestellt.

Drei Studien untersuchten verschiedene Hakentypen. Lucy und Holton (1988) untersuchten den Unterschied zwischen einem Haken mit einem weiten Hakenbogen mit einem Haken mit einem schmalen Hakenbogen. Malchoff et al. (2002) verglichen auch die beiden Hakentypen und zusätzlich noch einen sogenannten offset circle-hook, einen Kreishaken mit einer abstehenden Spitze. Beide Studien kamen zu dem Ergebnis, dass die verschiedenen Hakentypen keinen signifikanten Einfluss auf die Haksterblichkeit der Plattfische hatten. Weltersbach et al. (2025) untersuchte einen kleinen und einen großen Haken des gleichen Typs (Plattfischhaken mit schmalen Hakenbogen) und zusätzlich einen Plattfischhaken mit einer Tiefschluckbarriere (im Folgenden als T-Haken bezeichnet). Ein signifikanter Einfluss der Hakentypen zeigte sich nur bei der Kliesche. Hier war die Sterblichkeit am geringsten mit T-Haken und am höchsten mit großen Haken. Auch bei der Scholle und Flunder sorgte der T-Haken für die niedrigste Sterblichkeit, auch wenn dieser Effekt nicht signifikant war. Allerdings war bei Scholle und Flunder die Sterblichkeit mit dem kleinen Haken höher als mit großen Haken. Die Verwendung von Haken mit Widerhaken im Vergleich zu Haken ohne Widerhaken wurde in Lucy und Holton (1988) untersucht. Es wurde kein Unterschied zwischen beiden Hakenvarianten gefunden. Neben verschiedenen Hakentypen wurde die Praxis, tief sitzende Haken in den Fischen zu lassen und das Vorfach zu durchtrennen, in Lucy und Holton (1988) und Gearhart (2002) untersucht. In beiden Studien führte dies nicht zu einer signifikanten Verringerung der Sterblichkeit, auch wenn im Trend niedrigere Sterblichkeitsraten nachgewiesen wurden verglichen mit Plattfischen mit vergleichbarer Hakposition, bei denen der Haken entfernt wurde. Außerdem konnten 25 % der Fische, bei denen der Haken

im Fisch gelassen wurde, den Haken nach 12 Tagen loswerden (Lucy und Holton 1988). Die Handhabungszeit der Fische stand nicht in Zusammenhang mit der Sterblichkeitsrate der Fische (Gearhart 2002).

Tief sitzende Haken waren der Faktor, der eindeutig den stärksten Einfluss auf die Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen bei Plattfischen hatte. Diverse Faktoren wurden in den verschiedenen Studien identifiziert, die den Grad des Tiefhakens bei Plattfischen beeinflussten. Weltersbach et al. (2025) zeigten, dass der T-Haken die Wahrscheinlichkeit eines tief sitzenden Hakens stark verringerte. Und auch größere Haken wurden seltener tief geschluckt als kleinere Haken. Zu dem gleichen Schluss kam auch eine Studie an der Sommerflunder (Salierno et al. 2018). Die Angelfischerei vom Ufer führte zu deutlich mehr tief sitzenden Haken im Vergleich zum Bootsangeln, da Bisse schlechter bemerkt wurden (Weltersbach et al. 2025). Lucy und Holton (1988) zeigte, dass ein verzögertes Setzen des Hakens zu mehr tief sitzenden Haken führte. Kreis-Haken sind dafür bekannt, weit vorne im Fischmaul zu greifen (Cooke und Suski 2004) und sollten sich daher eignen, die Sterblichkeit bei Plattfischen zu verringern. Allerdings kamen beide Studien, die ihren Effekt untersuchten, zu dem Ergebnis, dass diese Haken die Häufigkeit tiefsitzender Haken bei Plattfischen nicht signifikant verringerten (Malchoff et al. 2002; Zimmerman und Bochenek 2002). Malchoff et al. (2002) vermuteten, dass die um 15° versetzte Hakenspitze in ihrem Experiment den Effekt ausgehebelt haben könnten. Hier ist aber weitere Forschung nötig.

Der Einfluss der Fischlänge auf die Sterblichkeit wurde in allen zitierten Studien untersucht. Nur Henderson und Fabrizio (2014) fanden einen Zusammenhang. Sie berechneten für untermaßige Sommerflundern (< 36 cm) eine Sterblichkeitsrate von 60 % und für maßige Sommerflundern (> 36 cm) eine Sterblichkeitsrate von 65 %. Es ist unklar, warum dieser Unterschied entstand. Denkbar wäre, dass größere Fische aufgrund ihres größeren Mauls dazu in der Lage waren, den Haken tiefer zu schlucken.

Drei abiotische Faktoren, Salzgehalt, Sauerstoffsättigung und Temperatur, wurden im Zusammenhang mit dem Fangen und Zurücksetzen bei Plattfischen untersucht. Der Salzgehalt zeigte keinen Einfluss auf die Sterblichkeit (Gearhart 2002) der südlichen Flunder. Gleiches gilt für die Sauerstoffsättigung, untersucht für die südliche Flunder und die heimischen Arten Scholle, Kliesche und Flunder (Gearhart 2002; Weltersbach et al. 2025). Die Untersuchungen der Wassertemperatur zeigten widersprüchliche Ergebnisse. In den Untersuchungen von Malchoff et al. (2002) an der Sommerflunder und Weltersbach et al. (2025) an der Scholle, Kliesche und Flunder führte eine höhere Wassertemperatur zu einer signifikant höheren

Sterblichkeit bei einem untersuchten Temperaturbereich von 17 – 21 °C bzw. 5,9 – 18,3 °C. Lucy und Holton (1988) und Gearhart (2002) hingegen stellten in einem Temperaturbereich von 11 – 25 °C und 16,6 – 27,9 °C kein Effekt einer höheren Wassertemperatur auf die Sterblichkeit von Sommerflundern und südlichen Flundern fest. Es fällt auf, dass die untersuchten Wassertemperaturen in den nordamerikanischen Studien, die verwandte Arten unserer heimischen Plattfische untersuchten (Lucy und Holton 1988; Gearhart 2002; Malchoff et al. 2002), höher ausfielen als bei der Studie an unseren heimischen Arten (Weltersbach et al. 2025). Das ist wohl darauf zurückzuführen, dass die nordamerikanischen Arten in ihrer natürlichen Umgebung höhere Wassertemperaturen erfahren als Schollen, Klieschen und Flundern in Mitteleuropa. Dementsprechend dürfte ihre Temperaturtoleranz höher sein. Für eine realistische Einschätzung der Wirkung der Wassertemperatur auf die Plattfische in Mitteleuropa ist der signifikante Befund von Weltersbach et al. (2025) am aussagekräftigsten.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

Für die Praxis empfiehlt es sich beim Plattfischangeln, Haken mit Schluckbarriere oder verhältnismäßig große Haken zu fischen. Außerdem sollte der Anhieb sofort nach Detektion eines Bisses erfolgen, um den Fischen keine Zeit zu geben, den Haken tief zu schlucken. Bei hohen Temperaturen im Sommer sollte auf das Zurücksetzen verzichtet werden.

Um präzisere Sterblichkeitsraten zu erhalten, sind zukünftige Studien an heimischen Plattfischen mit Kontrollgruppen sinnvoll. Weitere Forschung ist zur Uferangelei nötig, denn da werden Bisse schlechter bemerkt, es gibt Hindernisse im Wasser, die potenziell zu Verletzungen während des Drills führen können und Fische könnten während der Handhabung mit verschiedenen Uferuntergründen in Kontakt kommen. Auch Prädationseffekte und subletale Auswirkungen sollten verstärkt studiert werden.

Heilbutt (*Hippoglossus hippoglossus*)

Es wurde eine Studie zu den Auswirkungen vom Fangen und Zurücksetzen auf den Heilbutt (*Hippoglossus hippoglossus*) identifiziert. In dieser wurden elf atlantische Heilbutts mit jeweils einem akustischen Sender und einem Satellitensender versehen (Fertner et al. 2017). Zu acht Fischen wurden aufschlussreiche Daten erhoben. Diese acht Fische überlebten den Zeitraum, in welchem die Sender Daten übermittelten (26 – 248 Tage). Hohe Verlustraten der Sender ließen jedoch keinen eindeutigen Rückschluss über das Schicksal der anderen drei Fische zu. Bei einem Fisch fielen beide Sender kurz nach dem Zurücksetzen aus. Bei den anderen beiden Fischen zeigten die Daten des akustischen Senders nach 38 und 44 Tagen

keine vertikale Bewegung mehr. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich bei beiden Fischen der Satellitensender bereits ungeplant gelöst. Es ließ sich somit nicht nachvollziehen, ob sich auch hier die akustischen Sender vorzeitig vom Fisch lösten, wie es bei anderen Fischen vorkam, oder ob es sich um verzögerte Sterblichkeit handelte. Insgesamt sahen die Autoren ihre Ergebnisse aber als Indikator einer geringen Sterblichkeitsrate.

Neben den unzureichenden Erkenntnissen zu der tatsächlichen Haksterblichkeit ist nicht bekannt, wie unterschiedliche Faktoren auf die Sterblichkeit wirken. Keiner der Heilbutts im Experiment wies schwere Hakwunden oder starkes Bluten auf. Alle Fische wurden mit Ködern und Haken gefangen, wie sie typischerweise beim Heilbuttangeln zum Einsatz kommen (schwere Jigs mit Gummifisch und Einzelhaken oder tote Köderfische mit einem Drilling). Zudem wurden keine kleinen Fische im Experiment gefangen (Länge von Kopfspitze bis Gabel der Schwanzflosse 123 bis 192 cm).

Zusammenfassend ist der Wissensstand zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens beim Angeln auf Heilbutt äußerst gering. Weder Überlebensrate noch die Auswirkung verschiedener Köder- und Hakentypen, Hakpositionen und abiotischer Umweltfaktoren sind bekannt. Zu langfristigen nicht letalen Folgen, wie vermindertem Wachstum oder reduziertem Fortpflanzungserfolg, fehlen Untersuchungen.

3.3.5 Mugiliformes

Für die heimische Meeräsche (*Mugil cephalus*) wurden keine Studien gefunden. Es wurde aber eine Studie zur Sandgrauen Meeräsche (*Myxus elongatus*) identifiziert (Broadhurst et al. 2011). Diese Art stammt wie die Meeräsche aus der Familie Mugilidae und wurde daher in die Analyse eingeschlossen.

Sterblichkeit

Die Studie war kontrolliert und wurde in Käfigen durchgeführt. Die rohe Haksterblichkeit betrug 3,4 % (95% KI -1,1 – 7,9 %) (Broadhurst et al. 2011).

Determinanten der Sterblichkeit

Aufgrund der niedrigen Sterblichkeit und wenigen Todesfälle (n=5) war die statistische Aussagekraft hinsichtlich der Identifizierung von Faktoren, die die Sterblichkeit beeinflussten, eingeschränkt. Die Länge des Vorfaches und Bluten waren die einzigen Faktoren mit einem statistisch signifikanten Einfluss auf die Sterblichkeitsrate bei der sandgrauen Meeräsche (Broadhurst et al. 2011). Die genutzten Vorfächer hatten eine Länge (Abstand vom

Schwimmer zum Haken) von 5 - 60 cm. Alle Fische, die nach dem Angeln starben, wurden mit Vorfächern über 50 cm Länge gefangen. Zwei der 5 gestorbenen Fische waren im Auge gehakt.

Praxisempfehlungen und Forschungsbedarf

Für die Praxis empfehlen sich Vorfächer unter 50 cm Länge (Abstand vom Schwimmer zum Haken). Es gibt aber große Wissenslücken. Bei den meisten Faktoren ist unklar, ob sie auf die Sterblichkeit Auswirkungen haben. Es fehlen Untersuchungen zu subletalen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens und den sie bestimmenden Faktoren. Und möglicherweise reagiert die heimische Art *Mugil cephalus* auch anders auf die Belastungen des Fangens und Zurücksetzens als die australische Art *Myxus elongatus*.

3.3.6 Beloniformes

Für den Hornhecht (*Belone belone*) wurden keine Studien gefunden. Es wurde aber eine Studie zu *Hyporhamphus australis* identifiziert (Butcher et al. 2010). Diese Art aus der Familie der Halbschnäbler stammt wie der Hornhecht aus der Ordnung der Beloniformes und wurde für die Analyse betrachtet.

Sterblichkeitsrate

Die Studie war kontrolliert und die Fische wurden nach dem Fang in Tanks zur Beobachtung transportiert. Die kontrollkorrigierte Sterblichkeitsrate betrug 49,2 % (95% KI 41,6 – 56,7 %) (Butcher et al. 2010). Die Fische wurden mit Pose und Naturködern gefangen und nach dem Fang für 24 Stunden beobachtet.

Determinanten der Sterblichkeit

Alle Fische, die den Haken sehr tief schluckten, starben. Bei den im Maulbereich gehakten Fischen waren der Verlust von Schuppen und die Luftexpositionsdauer signifikant für die Sterblichkeit verantwortlich. Der Verlust von Schuppen trat am meisten auf, wenn die Fische mit der bloßen, trockenen Hand gehalten wurden, auf den Boden fielen und der Luft ausgesetzt waren.

Empfehlungen für die Praxis und Forschungsbedarf

In der Praxis sollten Hornhechte, die zurückgesetzt werden, nach Möglichkeit nicht berührt und nicht unnötig aus dem Wasser gehoben werden. Wenn der Haken nicht tief sitzt, wird er am einfachsten gelöst, indem man den Haken greift und den Fisch vorsichtig freischüttelt. Fische, die den Haken sehr tief schlucken, sollten nicht zurückgesetzt werden.

Die Ergebnisse lassen sich nur mit Einschränkungen auf den Hornhecht übertragen. Hornhechte (*Belone belone*) sind größer als *Hyporhamphus australis* und beide Arten sind nur auf Ordnungsebene verwandt. Hornhechte werden nach meiner Erfahrung oft mit aktiven Methoden geangelt, was ein tiefes Haken unwahrscheinlich macht. Allerdings zeigt sich beim Angeln auf Hornhechte auch ein hoher Schuppenverlust bei den Fischen während der Handhabung. In der Hinsicht lässt sich die Erkenntnis von Butcher et al. (2010), dass ein hoher Schuppenverlust zu einer erhöhten Sterblichkeit führt, vermutlich auf den Hornhecht übertragen. Nichtsdestotrotz fehlen für den Hornhecht bislang belastbare Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens.

4. Diskussion

4.1 Umfang der Literatur zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens heimischer Meeresfische

Die Freizeitangelei spielt in Deutschland und Mitteleuropa eine große Rolle (Hyder et al. 2018). In der zentralen Ostsee haben die Anlandungen der Freizeitangelei bei einigen Arten einen bedeutenden Anteil an der gesamten fischereilichen Entnahme (Lewin et al. 2023). In den Jahren 2020 und 2021 wurden beispielsweise 94 % der in der zentralen Ostsee angelandeten Meerforellen, 27 % der Heringe, 24 % der Dorsche und 17 % der Schollen und Flundern von Freizeitanglern gefangen (Lewin et al. 2023). Gleichzeitig lagen die Zurücksetzraten bei 54 % für Meerforellen, 11 % für Heringe, 54 % für Dorsche, und bei den Plattfischarten zwischen 24 % und 31 % (Lewin et al. 2023). Vor dem Kontext der vielfältigen möglichen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens (Arlinghaus et al. 2007) ist es von hoher Relevanz, diese für die entsprechenden Arten zu kennen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde jedoch eine geringe Anzahl an Studien zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens bei mitteleuropäischen Meeresfischarten gefunden. Vier der identifizierten Studien befassten sich mit der Sterblichkeit beim Dorsch, zwei Studien befassten sich mit der Sterblichkeit beim Wolfsbarsch, eine Studie befasste sich mit der Sterblichkeit bei den heimischen Plattfischen Scholle, Flunder und Kliesche und eine mit der Sterblichkeit bei der Meerforelle. Zu anderen relevanten Fischarten wie dem Atlantischen Lachs, dem Hering oder dem Hornhecht wurden keine im Salzwasser durchgeführten Studien zur Sterblichkeit durch das Fangen und Zurücksetzen identifiziert. Um diese Wissenslücken zum Teil zu schließen, wurde Literatur zu verwandten Arten herangezogen. Es ist jedoch nicht gegeben, dass beispielsweise Befunde zu den pazifischen Lachsen direkt auf den Atlantischen Lachs übertragbar sind. Vor diesem Hintergrund besteht dringender Forschungsbedarf, die komplexen Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens für die in Deutschland und Mitteleuropa heimischen Fischarten besser zu verstehen.

4.2 Einordnung der Sterblichkeitsschätzungen in der Literatur

In dieser Arbeit lag der Median der Sterblichkeitsschätzungen über alle Arten hinweg (25 Schätzwerte aus 25 Studien) bei 13,5 %. Dieser Wert ist höher als in früheren Übersichtsstudien zum Fangen und Zurücksetzen. Bartholomew und Bohnsack (2005) ermittelten einen Median von 11 % (274 Schätzwerte aus 53 Studien) und Hühn und Arlinghaus (2011)

ermittelten einen Median von 7,8 %. Während die vorliegende Arbeit ausschließlich mit Studien im Salzwasser behandelte, wurden in Hühn und Arlinghaus (2011) mehrheitlich im Süßwasser durchgeführte Studien ausgewertet. Aufgrund der geringen Anzahl ausgewerteter Studien und Schätzwerte in der vorliegenden Arbeit ist es jedoch nicht möglich zu sagen, ob die Sterblichkeit von heimischen Salzwasserfischen höher ist als von heimischen Süßwasserfischen. Eine hohe Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen wird erst problematisch, wenn der Angelaufwand hoch ist (Kerns et al. 2012). Coggins et al. (2007) modellierten, ab welcher Sterblichkeitsrate nach dem Zurücksetzen Mindestmaße als Managementmaßnahme eine Fischpopulation nicht mehr vor Überfischung schützen. Sie kamen zu dem Ergebnis, das für kurzlebige Fische mit hoher Produktivität Sterblichkeitsraten ab 20 % kritisch sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit legen nahe, dass der Einfluss der Sterblichkeit durch Fangen und Zurücksetzen für die meisten untersuchten Arten unproblematisch ist. Eine Ausnahme bilden hier die pazifischen Lachse. Die mittlere gewichtete Sterblichkeitsrate lag bei 19,3 % (95% KI: 13,9 – 24,6 %).

4.3 Kritik verschiedener Studiendesigns zum Ermitteln der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens

Acht der 25 Studien hatten Kontrollgruppen und nur eine Studie hatte ein BACI-Design. Kontrollgruppen sind notwendig, um die Haksterblichkeit korrekt bestimmen zu können (Pollock und Pine 2007). Besonders deutlich zeigte sich das in der Studie von Weltersbach und Strehlow (2013). Hier lag die rohe Sterblichkeit bei 33,6 % (95% KI: 25,7 – 41,5 %) und die korrigierte Sterblichkeit 15,8 % (95% KI: 4,9 – 26,6 %). Die kontrollkorrigierte Sterblichkeit war geringer als die Hälfte der rohen Haksterblichkeit. Aufgrund der wenigen Kontrollen ist davon auszugehen, dass die ermittelten Sterblichkeitsraten eine Überschätzung der eigentlichen Sterblichkeit darstellen.

Die unterschiedlichen Beobachtungsorte haben unterschiedliche Vor- und auch Nachteile für die Untersuchung von den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens auf die Fische. Hälterungsstudien haben den Vorteil, dass der Verlauf von Verletzungen über die Zeit direkt beobachtet werden kann und Todesfälle mit Sicherheit festgestellt werden können. Jedoch kann die Haltung unter beengten Bedingungen den Stress erhöhen, Krankheitserreger können sich leichter übertragen, Prädationsbedingungen fehlen und Kontakt mit dem Hälterungssystem kann zu Verletzungen wie Flossenschäden führen (Weltersbach und Strehlow 2013; Ferter et al. 2015b; Zinn et al. 2026). Bei Felduntersuchungen können die Fische unter natürlichen Bedingungen beobachtet werden. Allerdings gibt es größere Unsicherheiten

bezüglich des Schicksals eines Fisches, z. B. können Fische bei Telemetriestudien außerhalb des Receivernetzwerks schwimmen, wodurch unklar wird, ob ein Fisch verstorben oder aus dem Beobachtungsraum entschwommen ist (Capizzano et al. 2016; Lunzmann-Cooke et al. 2024). Auch kann ein toter Fisch bei den meisten Telemetriestudien nicht von einem Fisch unterschieden werden, der Sender ausgeschieden hat. Insgesamt acht der zehn Feldstudien nutzten biotelemetrische Verfahren (meistens akustische Telemetrie) zum Detektieren der Fische. Bei dieser Methodik war es besonders anspruchsvoll, eine echte Sterblichkeit von einem Senderverlust oder eine Abwanderung aus dem Untersuchungsgebiet zu unterscheiden (Capizzano et al. 2016; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026). Ebenso die falsche Bewertung eines stationären Fisches ist möglich. In Capizzano et al. (2016) wurden zum Beispiel drei als „gestorben“ klassifizierte Dorsche von Anglern oder Fischern wiedergefangen und gemeldet.

Der Beobachtungszeitraum ist ebenfalls wichtig, wenn es darum geht, die Sterblichkeitsrate zu ermitteln. Es gibt keinen allgemeingültigen Zeitpunkt, bis zu welchem man sagen kann, dass alle durch das Angelereignis geschädigten Fische gestorben sind. Ein kurzer Beobachtungszeitraum von wenigen Stunden bis Tagen kann dafür sorgen, dass manche Sterblichkeitsereignisse übersehen werden (Zinn et al. 2026). Bei längeren Beobachtungszeiträumen wird es, insbesondere ohne Kontrollgruppe, schwierig, die angelbedingte Sterblichkeit von anderen Faktoren wie natürlicher Sterblichkeit zu unterscheiden (Lunzmann-Cooke et al. 2026).

Aufgrund der vielfältigen Einschränkungen methodischen Limitationen verschiedene Studiendesigns, Beobachtungsorte und Beobachtungszeiträume sind die einzelnen Haksterblichkeiten im Kontext der Studie zu interpretieren und die mittleren Sterblichkeitswerte sind mit Vorsicht zu betrachten. Für präzise Schätzungen der Haksterblichkeit sind Studien mit guten Kontrollen notwendig, die in möglichst realistischer Umgebung durchgeführt werden.

4.4 Artspezifische Sensibilitäten auf Einflussfaktoren im Kontext des Fangens und Zurücksetzens

Bei den untersuchten Arten zeigten sich Unterschiede der untersuchten Determinanten der Haksterblichkeit und ihrer Wirkung zwischen den Spezies.

Die beiden untersuchten pazifischen Lachsarten Silberlachs und Königslachs zeigten eine starke Anfälligkeit für Schäden und Verletzungen an Schuppen, Augen und Flossen (Hinch et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026; Zinn et al. 2026).

Diese wurden durch die Wahl verschiedener Angelgeräte beeinflusst. Während große Einzelhaken die Wahrscheinlichkeit für Augenverletzungen erhöhten (Hinch et al. 2024), führte die Nutzung von Keschern zum Verlust von Schuppen und zu Verletzungen an den Flossen (Hinch et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2024; Lunzmann-Cooke et al. 2026). Ob pazifische Lachse sensibler für Verletzungen der Augen, Flossen und den Verlust von Schuppen sind als die anderen untersuchten Fischarten, lässt sich nicht eindeutig beantworten, da diese Faktoren für die anderen untersuchten Fischarten, mit Ausnahme des *Hyporhamphus australis*, nicht untersucht wurden.

Bei Dorschen kam es durch die Verwendung von Pilkern mit Drillingen häufiger zu schweren Hakverletzungen verglichen mit Gummifischen mit Einzelhaken und mit Naturködern (Capizzano et al. 2016; Weltersbach et al. 2019). In der Literatur werden meist Naturköder mit tieferen Hakverletzungen als Kunstköder in Verbindung gebracht (Bartholomew und Bohnsack 2005; Hühn und Arlinghaus 2011; Muoneke und Childress 1994). Die verhältnismäßig schweren Hakverletzungen durch Pilker sind wahrscheinlich auf die aggressivere Köderführung beim Angeln mit Pilkern zurückzuführen, wodurch diese Köder die Dorsche nicht im Maulbereich sondern seitlich am Körper hakten. Des Weiteren kam es bei Dorschen und Pollacks als physioklistische Fischarten zu inneren Verletzungen in Form von Barotrauma (Capizzano et al. 2016; Ferter et al. 2015b; Stamp et al. 2026), welches bei anderen untersuchten Fischarten nicht beobachtet wurde. Dorsche wurden jedoch aus Tiefen von bis zu 90 m gefangen (Fertter et al. 2015b) und Pollacks aus bis zu 70 m (Stamp et al. 2026). Diese Tiefen wurde für andere Arten nicht untersucht, da sie in der Regel flacher geangelt werden. Somit bleibt unklar, ob Barotrauma nur bei den Dorschen

Wolfsbarsche zeigten sich besonders anfällig für Naturköder verglichen mit Kunstködern, da diese oft tiefer geschluckt wurden und somit schwerere innere Verletzungen herbeiführten (Lewin et al. 2018). In Untersuchungen von Kunstködern und Naturködern unter Laborbedingungen kam es zu keiner Haksterblichkeit durch Kunstköder verglichen mit 13,9 % (95 % KI: 4,7 – 29,5%) bei Verwendung von Naturködern.

Alle identifizierten Studien, die den Effekt tief sitzender Haken auf die Sterblichkeit bei Plattfischen untersuchten, fanden eine signifikante Erhöhung der Haksterblichkeit verglichen mit flach gehakten Plattfischen (Gearhart 2002; Malchoff et al. 2002; Lucy und Holton 1988; Weltersbach et al. 2025). Eine solch hohe Übereinstimmung bei Untersuchungen der Auswirkungen tief sitzender Haken auf die Haksterblichkeit wurde für keine weitere untersuchte Fischart berichtet.

Die untersuchte Art *Hyporhamphus australis* aus der Ordnung der Hornhechtartigen zeigte in der einzigen Studie Butcher et al. (2010) eine sehr hohe Sterblichkeit bei Schuppenverlust. Alle sieben Fische, die den Haken sehr tief schluckten, überlebten den Untersuchungszeitraum nicht.

Bei den Arten Meerforelle, Heilbutt und Meeräsche wurden keine Faktoren identifiziert, auf die diese Arten besonders sensibel reagierten. Zu jeder Art wurde jedoch nur eine Studie gefunden, welche die Haksterblichkeit untersuchte (Skov et al. 2023; Ferter et al. 2017; Broadhurst et al. 2011).

4.5 Zusammenfassung letaler und subletaler Effekte des Fangens und Zurücksetzens bei marinen Fischarten

Zusammenfassend zeigte sich bei allen Arten mit ausreichender Datenlage die Schwere Hakverletzung als einflussreichste Determinante auf die Haksterblichkeit. Das ist auch die Erkenntnis aus anderen Übersichtsarbeiten (Bartholomew und Bohnsack 2005; Hühn und Arlinghaus 2011; Muoneke und Childress 1994). Hohe Wassertemperaturen waren ebenfalls in vielen Untersuchungen eine Determinante der Haksterblichkeit (z. B. Hinch et al. 2024; Weltersbach et al. 2025; Zinn et al. 2026). Sowohl bei pazifischen Lachsen als auch bei Dorschen spielte Prädation nach dem Zurücksetzen eine Rolle (Capizzano et al. 2016; Diewert et al. 2002; Lunzmann-Cooke et al. 2024). Für andere Fischarten konnte der Einfluss von Prädation methodisch nicht untersucht werden, denn Plattfische, Meerforellen, Meeräschen und Hornhechte wurden nicht im Feld untersucht.

Die Einflussfaktoren Wassertiefe, Luftexposition, Drilldauer artübergreifend in der betrachteten Literatur nicht ausreichend untersucht, um ihren Einfluss zusammenfassend zu bewerten. Längere Luftexpositionen führten bei Meerforellen zu einem erhöhten physiologischen Stress (Blyth und Bower 2022) und bei pazifischen Lachsen reduzierte sie den Migrationserfolg (Hinch et al. 2024).

4.6 Allgemeine Empfehlungen für die Praxis beim Salzwasserangeln

Die verschiedenen Faktoren, die in den Studien untersucht wurden, zeigten einen variablen Einfluss auf die Sterblichkeit. Sowohl zwischen den Fischarten als auch innerhalb einer Fischart bei unterschiedlichen Bedingungen wirkten sie unterschiedlich. Folgende Empfehlungen für die Praxis beim Salzwasserangeln auf in Mitteleuropa heimische Fische scheinen aber allgemein gültig zu sein:

- (a) Das Angelgerät sollte so gewählt werden, dass die Wahrscheinlichkeit, Fische tief oder quer zu haken, minimiert wird. Aktive Methoden der Köderpräsentation sind zu bevorzugen. Bei der Verwendung von Naturködern sollte der Haken sofort gesetzt werden, wenn ein Biss detektiert wird.
- (b) Bei der Handhabung der Fische sollten die Fischhaut, Flossen und Augen geschont werden. Der Kontakt vom Fisch mit Händen, Keschern und jeglichen Oberflächen sollte so gering wie möglich ausfallen.
- (c) Bei hohen Wassertemperaturen, insbesondere in den Sommermonaten, sollte man Zurücksetzen vermeiden
- (d) Die Dauer des Drills und der Luftexposition ist zu minimieren. Während des Drills ist der metabolische Stoffwechsel erhöht und Sauerstoffbedarf und Erschöpfung steigen. Eine längere Luftexposition führt zu Sauerstoffmangel. Diese Effekte werden bei höheren Temperaturen zusätzlich verstärkt.
- (e) Nach Möglichkeit sollte flach geangelt werden. Das Hochholen von Fischen aus größeren Tiefen belastet die Fische, denn durch den Druckabfall dehnen sich Gase im Fischkörper aus, was zu Verletzungen führen kann.
- (f) Der Angelplatz sollte gewechselt werden, wenn viele untermaßige Fische oder Prädatoren anwesend sind.
- (g) Wenn Fische den Haken sehr tief schlucken, kann das Kappen der Schnur zu einer verringerten Sterblichkeitsrate führen, denn das Lösen sehr tief sitzender Haken führt oft zu starken Verletzungen an inneren Organen

4.7 Limitationen dieser Arbeit

Es wurde nicht die gesamte identifizierte Literatur im Volltext gefunden. Dadurch bildet diese Arbeit nicht den gesamten Wissensstand ab. Unterschiedliche Studien sind unterschiedlich geeignet, um die Sterblichkeit nach dem Zurücksetzen zu bestimmen. In dieser Arbeit wurden alle Studien gleich betrachtet und die Gewichtung der Sterblichkeitsraten erfolgte über gewichtete Varianzen und damit über die Stichprobengröße der einzelnen Studien. Studien, die hinsichtlich ihres Designs eine höhere Aussagekraft hatten als andere Studien wurden nicht entsprechend berücksichtigt. Außerdem untersuchen viele Studien mehrere Treatments, welche wiederum unterschiedliche Stichprobengrößen und haben und unterschiedlich realistisch sind. Für diese Arbeit wurde jedoch pro Studie nur die rohe

Sterblichkeitsrate über alle Fische hinweg ermittelt. Entsprechender Variation innerhalb einer Studie wurde so nicht beachtet. Entsprechend vorsichtig sind die berichteten Haksterblichkeiten zu interpretieren. Eine weitere Limitation der Arbeit ist, dass nur Studien berücksichtigt wurden, die in der systematischen Literatursuche gefunden wurden. Diese Datenbank sollte Studien finden, die die Sterblichkeit durch Fangen und Zurücksetzen untersuchten. Studien, die lediglich subletale Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens untersuchten, könnten in der finalen Datenbank nicht mit aufgenommen worden sein. Zuletzt wurden Studien zu den Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens in der kommerziellen Fischerei nicht berücksichtigt. Manche Fischereitechniken wie das kommerzielle Trolling auf Lachse, ähneln jedoch den Methoden der Freizeitfischerei (z. B. Farrell et al. 2001) und hätten daher bei der Bewertung der Auswirkungen des Fangens und Zurücksetzens berücksichtigt werden können. Zudem nutzten einige Untersuchungen zu den Auswirkungen der Fischerei mit Langleinen bei Dorschen mit der Angel gefangene Fische als Kontrollgruppe (Milliken et al. 2009; Pálsson et al. 2003).

5. Literaturverzeichnis

Alós, Josep; Palmer, Miquel; Grau, Antoni Maria; Deudero, Salud (2008): Effects of hook size and barbless hooks on hooking injury, catch per unit effort, and fish size in a mixed-species recreational fishery in the western Mediterranean Sea. In: ICES Journal of Marine Science 65 (6), S. 899–905.

Arlinghaus, Robert; Cooke, Steven J.; Lyman, Jon; Policansky, David; Schwab, Alexander; Suski, Cory et al. (2007): Understanding the Complexity of Catch-and-Release in Recreational Fishing: An Integrative Synthesis of Global Knowledge from Historical, Ethical, Social, and Biological Perspectives. In: Reviews in Fisheries Science 15 (1-2), S. 75–167.

Arlinghaus, Robert; Klefoth, Thomas; Cooke, Steven J.; Gingerich, Andrew; Suski, Cory (2009): Physiological and behavioural consequences of catch-and-release angling on northern pike (*Esox lucius* L.). In: Fisheries Research 97 (3), S. 223–233.

Bartholomew, Aaron; Bohnsack, James A. (2005): A Review of Catch-and-Release Angling Mortality with Implications for No-take Reserves. In: Rev Fish Biol Fisheries 15 (1-2), S. 129–154.

Birdsong, Max; Beardmore, Ben; Dorow, Malte; Pagel, Thilo; Arlinghaus, Robert (2025): Culture, context, and fish length drives voluntary catch-and-release behaviour of recreational anglers. In: Rev Fish Biol Fisheries 35 (4), S. 1829–1856.

Blyth, Samuel A.; Bower, Shannon D. (2022): After the spawn and on the hook: Sea trout *Salmo trutta* biophysical responses to different components of catch and release in a coastal fishery. In: Journal of fish biology 101 (3), S. 464–477.

Brett, John R. (1971): Energetic Responses of Salmon to Temperature. A Study of Some Thermal Relations in the Physiology and Freshwater Ecology of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). In: Am Zool 11 (1), S. 99–113.

Broadhurst, Matt K.; Butcher, Paul A.; Cullis, Brian R. (2011): Post-release mortality of angled sand mullet (*Myxus elongatus*: Mugilidae). In: Fisheries Research 107 (1-3), S. 272–275.

Brobbel, M. A.; Wilkie, M. P.; Davidson, K.; Kieffer, J. D.; Bielak, A. T.; Tufts, B. L. (1996): Physiological effects of catch and release angling in Atlantic salmon (*Salmo salar*) at different stages of freshwater migration. In: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53 (9), S. 2036–2043.

- Brownscombe, Jacob W.; Danylchuk, Andy J.; Chapman, Jacqueline M.; Gutowsky, Lee F.G.; Cooke, Steven J. (2017): Best practices for catch-and-release recreational fisheries – angling tools and tactics. In: *Fisheries Research* 186, S. 693–705.
- Butcher, Paul A.; Broadhurst, Matt K.; Hall, Karina C.; Cullis, Brian R.; Nicoll, Robert G. (2010): Scale loss and mortality in angled-and-released eastern sea garfish (*Hyporhamphus australis*). In: *ICES Journal of Marine Science* 67 (3), S. 522–529.
- Capizzano, Connor W.; Mandelman, John W.; Hoffman, William S.; Dean, Micah J.; Zemeckis, Douglas R.; Benoît, Hugues P. et al. (2016): Estimating and mitigating the discard mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Gulf of Maine recreational rod-and-reel fishery. In: *ICES Journal of Marine Science* 73 (9), S. 2342–2355.
- Cochran, William G. (1954): The Combination of Estimates from Different Experiments. In: *Biometrics* 10 (1), S. 101.
- Coggins, Lewis G.; Catalano, Matthew J.; Allen, Micheal S.; Pine, William E.; Walters, Carl J. (2007): Effects of cryptic mortality and the hidden costs of using length limits in fishery management. In: *Fish and Fisheries* 8 (3), S. 196–210.
- Cook, Katrina V.; Lennox, Robert J.; Hinch, Scott G.; Cooke, Steven J. (2015): Fish Out of Water: How Much Air is Too Much? In: *Fisheries* 40 (9), S. 452–461.
- Cooke, S. J.; Schramm, H. L. (2007): Catch-and-release science and its application to conservation and management of recreational fisheries. In: *Fisheries Management Eco* 14 (2), S. 73–79.
- Cooke, S. J.; Schreer, J. F.; Dunmall, K. M.; Philipp, D. P. (2002): Strategies for quantifying sublethal effects of marine catch-and-release angling: insights from novel freshwater applications. In: Jon A. Lucy und Anne L. Studholme (Hg.): *Catch and Release in Marine Recreational Fisheries* (American Fisheries Society Symposium, 30), S. 121–134.
- Cooke, S. J.; Suski, C. D. (2004): Are circle hooks an effective tool for conserving marine and freshwater recreational catch-and-release fisheries? In: *Aquatic Conservation* 14 (3), S. 299–326.
- Cooke, Steven J.; Cowx, Ian G. (2006): Contrasting recreational and commercial fishing: Searching for common issues to promote unified conservation of fisheries resources and aquatic environments. In: *Biological Conservation* 128 (1), S. 93–108.

Cooke, Steven J.; Sneddon, Lynne U. (2007): Animal welfare perspectives on recreational angling. In: *Applied Animal Behaviour Science* 104 (3-4), S. 176–198.

Cooke, Steven J.; Suski, Cory D. (2005): Do we need species-specific guidelines for catch-and-release recreational angling to effectively conserve diverse fishery resources? In: *Bio-divers Conserv* 14 (5), S. 1195–1209.

Cox-Rogers, S. (2004a): 1999 coho catch and release mortality studies (marine recreational) in northern British Columbia. Prince Rupert, British Columbia (Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2676).

Cox-Rogers, S. (2004b): Catch and release mortality rates for coho salmon captured on motor-mooched cut-plug herring near Work Channel, British Columbia, in 1998. Fisheries and Oceans Canada. Prince Rupert, British Columbia (Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2677).

Cox-Rogers, S. (2004c): Results of the 2001 marine recreational chinook catch and release mortality study at Work Channel and Dundas Island, British Columbia. Fisheries and Oceans Canada. Prince Rupert, British Columbia (Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2675).

Cox-Rogers, S.; Gjernes, T.; Fast, E. (1999): A review of hooking mortality rates for marine recreational coho and chinook salmon fisheries in British Columbia. Fisheries and Oceans Canada (Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 99/127).

Di Cicco, Emiliano; Zinn, Kaitlyn R.; Johnston, Stephen D.; Kaukinen, Karia H.; Li, Shaorong; Archambault, Jonathan F. et al. (2023): Tenacibaculosis in wild-caught, captive Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in British Columbia, Canada.

Diewert, R. E.; Nagtegaal, D. A.; Patterson, J. (2002): Results of a marine recreational chinook and coho catch and release mortality study conducted in the lower Strait of Georgia during 2001. Fisheries and Oceans Canada. Nanaimo, British Columbia (Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2625).

Eberts, Rebecca L.; Somers, Christopher M. (2017): Venting and Descending Provide Equivalent Benefits for Catch-and-Release Survival: Study Design Influences Effectiveness More than Barotrauma Relief Method. In: *North American Journal of Fisheries Management* 37 (3), S. 612–623.

FAO (2012): Recreational fisheries. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO technical guidelines for responsible fisheries / Food and Agriculture Organization of the United Nations, 13).

Feathers, Mark G.; Knable, Anthony E. (1983): Effects of depressurization upon large-mouth bass. In: North American Journal of Fisheries Management (1), S. 86–90.

Ferter, Keno; Hartmann, Klaas; Kleiven, Alf Ring; Moland, Even; Olsen, Esben Moland (2015a): Catch-and-release of Atlantic cod (*Gadus morhua*): post-release behaviour of acoustically pretagged fish in a natural marine environment. In: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 72 (2), S. 252–261.

Ferter, Keno; Rikardsen, Audun H.; Evensen, Tor H.; Svenning, Martin-A.; Tracey, Sean R. (2017): Survival of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) following catch-and-release angling. In: Fisheries Research 186, S. 634–641.

Ferter, Keno; Weltersbach, Marc Simon; Humborstad, Odd-Børre; Fjellidal, Per Gunnar; Sambraus, Florian; Strehlow, Harry Vincent; Vølstad, Jon Helge (2015b): Dive to survive: effects of capture depth on barotrauma and post-release survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in recreational fisheries. In: ICES Journal of Marine Science 72 (8), S. 2467–2481.

Ferter, Keno; Weltersbach, Marc Simon; Strehlow, Harry Vincent; Vølstad, Jon Helge; Alós, Josep; Arlinghaus, Robert et al. (2013): Unexpectedly high catch-and-release rates in European marine recreational fisheries: implications for science and management. In: ICES Journal of Marine Science 70 (7), S. 1319–1329.

Fobert, Emily; Meining, Patrick; Colotelo, Alison; O'Connor, Constance; Cooke, Steven J. (2009): Cut the line or remove the hook? An evaluation of sublethal and lethal endpoints for deeply hooked bluegill. In: Fisheries Research 99 (1), S. 38–46.

Fry, F. E. J. (1971): The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: W. S. Hoar und D. J. Randall (Hg.): Fish Physiology. New York: Academic Press (6), S. 1–98.

Gale, Marika Kirstin; Hinch, Scott G.; Cooke, Steven J.; Donaldson, Michael R.; Eliason, Erika J.; Jeffries, Ken M. et al. (2014): Observable impairments predict mortality of captured and released sockeye salmon at various temperatures. In: Conservation physiology 2 (1), cou029.

Gale, Marika Kirstin; Hinch, Scott G.; Donaldson, Michael R. (2013): The role of temperature in the capture and release of fish. In: Fish and Fisheries 14 (1), S. 1–33.

Gearhart, Jeff (2002): Hooking Mortality of Spotted Seatrout (*Cynoscion nebulosus*), Weakfish (*Cynoscion regalis*), Red Drum (*Sciaenops ocellata*), and Southern Flounder (*Paralichthys lethostigma*) in North Carolina. North Carolina Division of Marine Fisheries. Morehead City, North Carolina (Interstate Fisheries Management Program Implementation for North Carolina, Study II).

Gjernes, T.; Kronlund, A. R.; Mulligan, T. J. (1993): Mortality of Chinook and Coho Salmon in Their First Year of Ocean Life following Catch and Release by Anglers. In: North American Journal of Fisheries Management (13).

Gustavson, A. W.; Wydowski, R. S.; Wedemeyer, G. A. (1991): Physiological response of largemouth bass to angling stress. In: Transactions of the American Fisheries Society (120), S. 629–636.

Havn, T. B.; Uglem, I.; Solem, Ø.; Cooke, S. J.; Whoriskey, F. G.; Thorstad, E. B. (2015): The effect of catch-and-release angling at high water temperatures on behaviour and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* during spawning migration. In: Journal of fish biology 87 (2), S. 342–359.

Henderson, M. J.; Fabrizio, M. C. (2014): Estimation of summer flounder (*Paralichthys dentatus*) mortality rates using mark-recapture data from a recreational angler-tagging program. In: Fisheries Research 159, S. 1–10.

Hessenauer, Jan-Michael; Vokoun, Jason; Davis, Justin; Jacobs, Robert; O'Donnell, Eileen (2018): Size structure suppression and obsolete length regulations in recreational fisheries dominated by catch-and-release. In: Fisheries Research 200, S. 33–42.

Hinch, S. G.; Johnston, S. D.; Lunzmann-Cooke, L. E.; Zinn, K.; Hendriks, B. J. L. (2024): Enhancing the sustainability of capture and release marine recreational Pacific salmon fisheries using new tools and novel technologies. Pacific Salmon Ecology and Conservation Laboratory.

Hinch, Scott G.; Bett, Nolan N.; Eliason, Erika J.; Farrell, Anthony P.; Cooke, Steven J.; Patterson, David A. (2021): Exceptionally high mortality of adult female salmon: a large-scale pattern and a conservation concern. In: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 78 (6), S. 639–654.

Hühn, Daniel; Arlinghaus, Robert (2011): Determinants of hooking mortality in freshwater recreational fisheries: a quantitative meta-analysis. In: T. Douglas Beard, Robert Arlinghaus

und Stephen G. Sutton (Hg.): *The Angler in the Environment: Social, Economic, Bio-logical, and Ethical Dimensions*, Bd. 75: American Fisheries Society, S. 141–170.

Hyder, Kieran; Weltersbach, Marc Simon; Armstrong, Mike; Ferter, Keno; Townhill, Bryony; Ahvonen, Anssi et al. (2018): Recreational sea fishing in Europe in a global context—Participation rates, fishing effort, expenditure, and implications for monitoring and assessment. In: *Fish and Fisheries* 19 (2), S. 225–243.

ICES (2025): Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (ICES Scientific Reports, 7).

Jenkins, Thomas M. (2003): Evaluating Recent Innovations in Bait Fishing Tackle and Technique for Catch and Release of Rainbow Trout. In: *North American Journal of Fisheries Management* 23 (4), S. 1098–1107.

Johnston, Quin V.A.; Hinch, Scott G.; Zinn, Kaitlyn R.; Johnston, Stephen D.; Weber, Lance A. (2026): Changes to capture methods can substantially improve short-term survival of coho salmon released in marine recreational fisheries. In: *Fisheries Research* 300, S. 107806.

Keefe, Donald; Young, Mark; van Leeuwen, Travis E.; Adams, Blair (2022): Long-term survival of Atlantic salmon following catch and release: Considerations for anglers, scientists and resource managers. In: *Fisheries Management Eco* 29 (3), S. 286–297.

Kerns, Janice A.; Allen, Micheal S.; Harris, Julianne E. (2012): Importance of Assessing Population-Level Impact of Catch-and-Release Mortality. In: *Fisheries* 37 (11), S. 502–503.

Killen, Shaun S.; Suski, Cory D.; Cooke, Steven J.; Philipp, David P.; Tufts, Bruce L. (2006): Factors Contributing to the Physiological Disturbance in Walleyes during Simulated Live-Release Angling Tournaments. In: *Trans Am Fish Soc* 135 (3), S. 557–569.

Lacroix, Gilles L.; Knox, Derek; McCurdy, Paul (2004): Effects of Implanted Dummy Acoustic Transmitters on Juvenile Atlantic Salmon. In: *Trans Am Fish Soc* 133 (1), S. 211–220.

LaRochelle, Luc; Bernardi, Joseph; Madden, Jamie C.; Brownscombe, Jacob W.; Goode-nough, Alyssa M.; Danylchuk, Andy J.; Cooke, Steven J. (2025): Effects of Recreational Fishing Gear Type on Reflex Impairment and Post-Release Swimming Activity of Small-mouth Bass. In: *Fisheries Management Eco* 32 (2), Artikel e12776.

LaRochelle, Luc; Burton, Declan; Madden, Jamie C.; Danylchuk, Sascha Clark; Cooke, Steven J.; Danylchuk, Andy J. (2023): Using a novel biologging approach to assess how different handling practices influence the post-release behaviour of Northern Pike across a wide range of body sizes. In: *Aquat. Living Resour.* 36, S. 25.

Lennox, R. J.; Havn, T. B.; Thorstad, E. B.; Liberg, E.; Cooke, S. J.; Uglem, I. (2017): Behaviour and survival of wild Atlantic salmon *Salmo salar* captured and released while surveillance angling for escaped farmed salmon. In: *Aquacult. Environ. Interact.* 9, S. 311–319.

Lennox, Robert J.; Cooke, Steven J.; Diserud, Ola H.; Havn, Torgeir B.; Johansen, Martin R.; Thorstad, Eva B. et al. (2016): Use of simulation approaches to evaluate the consequences of catch-and-release angling on the migration behaviour of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*). In: *Ecological Modelling* 333, S. 43–50.

Lewin, Wolf-Christian; Strehlow, Harry Vincent; Ferter, Keno; Hyder, Kieran; Niemax, Jan; Herrmann, Jens-Peter; Weltersbach, Marc Simon (2018): Estimating post-release mortality of European sea bass based on experimental angling. In: *ICES Journal of Marine Science* 75 (4), S. 1483–1495.

Lewin, Wolf-Christian; Weltersbach, Marc Simon; Strehlow, Harry Vincent (2023): Eine Charakterisierung der marinen Angelfischerei in Deutschland - Besonderheiten und Perspektiven.

Lockwood, S. J.; Pawson, M. G.; Eaton, D. R. (1983): The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L.) — Physical condition and mortality. In: *Fisheries Research* 2 (2), S. 129–147.

Lucy, Jon A.; Holton, T. D. (1988): Release Mortality in Virginia's Recreational Fishery for Summer Flounder, *Paralichthys dentatus*. Virginia Institute of Marine Science. Gloucester Point, Virginia (Virginia Marine Resources Report, 97-8).

Lunzmann-Cooke, Emma L.; Hinch, Scott G.; Bass, Arthur L.; Johnston, Stephen D.; Hendriks, Brian J.; Porter, Aswea D. et al. (2024): Recreational fisheries-related injuries and body size affect travel rate and post-release mortality in marine migrating coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In: *Fisheries Research* 276, S. 107062.

Lunzmann-Cooke, Emma L.; Hinch, Scott G.; Johnston, Stephen D.; Porter, Aswea D.; Zinn, Kaitlyn R.; Cooke, Steven J.; Welch, David W. (2026): Influence of gear type on injuries and

survival of adult Coho Salmon released from recreational marine fisheries. In: *North American Journal of Fisheries Management* 46 (2), S. 388–402.

Malchoff, M. H.; Gearhart, J.; Lucy, J.; Sullivan, P. J. (2002): The Influence of Hook Type, Wound Location, and Other Variables Associated with Post Catch-and-Release Mortality in the U.S. Summer Flounder Recreational Fishery. In: Jon A. Lucy und Anne L. Studholme (Hg.): *Catch and Release in Marine Recreational Fisheries* (American Fisheries Society Symposium, 30), S. 101–105.

Morrissey, Michael B.; Suski, Cory D.; Esseltine, Kevin R.; Tufts, Bruce L. (2005): Incidence and Physiological Consequences of Decompression in Smallmouth Bass after Live-Release Angling Tournaments. In: *Trans Am Fish Soc* 134 (4), S. 1038–1047.

Muoneke, Maurice I.; Childress, W. Michael (1994): Hooking mortality: A review for recreational fisheries. In: *Reviews in Fisheries Science* 2 (2), S. 123–156.

Nichol, D. G.; Chilton, E. A. (2006): Recuperation and behaviour of Pacific cod after barotrauma. In: *ICES Journal of Marine Science* 63 (1), S. 83–94.

Olsen, Rolf Erik; Oppedal, Frode; Tenningen, Maria; Vold, Aud (2012): Physiological response and mortality caused by scale loss in Atlantic herring. In: *Fisheries Research* 129–130, S. 21–27.

Pacific Salmon Commission (1997): *Incidental Fishing Mortality of Chinook Salmon: Mortality Rates Applicable to Pacific Salmon Commission Fisheries*. Pacific Salmon Commission (Joint Chinook Technical Committee Report, TCCHINOOK (97)-1).

Policansky, David (2002): Catch-and-release recreational fishing: A historical perspective. In: Tony J. Pitcher und Charles E. Hollingworth (Hg.): *Recreational Fisheries: Ecological, Economic and Social Evaluation*. Oxford: Blackwell Science, S. 74–93.

Pollock, K. H.; Pine, W. E. (2007): The design and analysis of field studies to estimate catch-and-release mortality. In: *Fisheries Management Eco* 14 (2), S. 123–130.

Poole, W. R.; Nolan, D. T.; Wevers, T.; Dillane, M.; Cotter, D.; Tully, O. (2003): An eco-physiological comparison of wild and hatchery-raised Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from the Burrishoole system, western Ireland. In: *Aquaculture* 222 (1-4), S. 301–314.

Prystay, T. S.; Lunzmann-Cooke, E. L.; Johnston, S. D.; Zinn, K.; Hendriks, B. J.; Cooke, S. J. et al. (2025): Release mortality in Pacific salmon fisheries along the homing migration

and recommended best practices to maximize welfare and survival. In: *Fisheries Research* 289, S. 107480.

Raby, Graham D.; Packer, Jessica R.; Danylchuk, Andy J.; Cooke, Steven J. (2014): The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. In: *Fish and Fisheries* 15 (3), S. 489–505.

Reverter, Miriam; Tapissier-Bontemps, Nathalie; Lecchini, David; Banaigs, Bernard; Sasal, Pierre (2018): Biological and Ecological Roles of External Fish Mucus: A Review. In: *Fishes* 3 (4), S. 41.

Richard, Antoine; Dionne, Mélanie; Wang, Jinliang; Bernatchez, Louis (2013): Does catch and release affect the mating system and individual reproductive success of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)? In: *Molecular ecology* 22 (1), S. 187–200.

Ricker, W. E. (1975): Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Hg. v. *Fisheries Research Board of Canada (Bulletin 191)*.

Rodnick, Kenneth J.; Planas, Josep V. (2016): The Stress and Stress Mitigation Effects of Exercise: Cardiovascular, Metabolic, and Skeletal Muscle Adjustments. In: *Biology of Stress in Fish - Fish Physiology*, Bd. 35: Elsevier (*Fish Physiology*), S. 251–294.

Rummer, Jodie L.; Bennett, Wayne A. (2005): Physiological Effects of Swim Bladder Overexpansion and Catastrophic Decompression on Red Snapper. In: *Trans Am Fish Soc* 134 (6), S. 1457–1470.

Salierno, J. D.; Overton, A. S.; Benson, C. L. (2018): Optimization of Hook Size to Reduce Discards and Injury in the New Jersey Summer Flounder Hook-and-Line Fishery. In: *North American Journal of Fisheries Management* 38 (2), S. 393–399.

Schreck, C. B.; Olla, B. L.; Davis, M. W. (1997): Behavioural responses to stress. In: George K. Iwama (Hg.): *Fish stress and health in aquaculture*. 1. publ. Cambridge: Cambridge University Press (Seminar series / Society for Experimental Biology, 62), S. 145–170.

Scordino, Jonathan J.; Walsh, Ryan P.; Jasper, William; Roche, Deon J.; Tyler, William (2025): Expected mortality risk for coho salmon landed in recreational troll fisheries using 1/0 and 6/0 hooks in the marine waters of Washington state. In: *PeerJ* 13, e19434.

Shephard, Kerry L. (1994): Functions for fish mucus. In: *Rev Fish Biol Fisheries* 4 (4), S. 401–429.

Skov, Christian; Ferter, Keno; Jepsen, Niels; Pedersen, Lars-Flemming; Lewin, Wolf-Christian; Gundelund, Casper; Weltersbach, Marc Simon (2023): Post-release effects of catch and release angling for sea trout: Mortality, growth and wound healing. In: *Fisheries Research* 261, S. 106637.

Skov, Christian; Gundelund, Casper; Weltersbach, Marc Simon; Ferter, Keno; Bertelsen, Sissel K.; Jepsen, Niels (2022): Catch and release angling for sea trout explored by citizen science: Angler behavior, hooking location and bleeding patterns. In: *Fisheries Research* 255, S. 106451.

Stamp, T.; Mawer, R.; Conlon, R.; Hall, A. E.; Davies, P.; Nesbit, R. et al. (2026): Recompression Improves Release Success in Pollack (*Pollachius pollachius*): A Step Towards Assessing Post Release Mortality in a Recreational Fishery. In: *Fisheries Management Eco* 33 (4), S. 652–664.

Stewart, J. E.; Stamp, T.; Davies, P.; Hall, A.; Robbins, T.; Stewart, L.; Sheehan, E. V. (2026): Post-Release Mortality of European Bass (*Dicentrarchus labrax*) Discarded From Small-Scale Estuarine Fishing. In: *Fisheries Management Eco* 33 (4), S. 706–718.

Szewciw, Lawrence; Zhu, Deju; Barthelat, Francois (2017): The nonlinear flexural response of a whole teleost fish: Contribution of scales and skin. In: *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 76, S. 97–103.

Thorstad, E. (2003): Effects of hook and release on Atlantic salmon in the River Alta, northern Norway. In: *Fisheries Research* 60 (2-3), S. 293–307.

Twardek, W. M.; Gagne, T. O.; Elmer, L. K.; Cooke, S. J.; Beere, M. C.; Danylchuk, A. J. (2018): Consequences of catch-and-release angling on the physiology, behaviour and survival of wild steelhead *Oncorhynchus mykiss* in the Bulkley River, British Columbia. In: *Fisheries Research* 206, S. 235–246.

van Leeuwen, Travis E.; Dempson, J. Brian; Burke, Chantelle M.; Kelly, Nicholas I.; Robertson, Martha J.; Lennox, Robert J. et al. (2020): Mortality of Atlantic salmon after catch and release angling: assessment of a recreational Atlantic salmon fishery in a changing climate. In: *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 77 (9), S. 1518–1528.

Wei, Jia-Jin; Lin, En-Xuan; Shi, Jian-Dong; Yang, Ke; Hu, Zong-Liang; Zeng, Xian-Tao; Tong, Tie-Jun (2021): Meta-analysis with zero-event studies: a comparative study with application to COVID-19 data. In: *Military Medical Research* 8 (1), S. 41.

Weltersbach, Marc Simon; Lewin, Wolf-Christian; Gröger, Joachim Paul; Strehlow, Harry Vincent (2019): Effect of lure and bait type on catch, size, hooking location, injury and by-catch in the western Baltic Sea recreational cod fishery. In: Fisheries Research 210, S. 121–130.

Weltersbach, Marc Simon; Lewin, Wolf-Christian; Haase, Kevin; Funk, Steffen; Ferter, Keno; Strehlow, Harry V. (2025): Selektivität und Überlebensraten nach dem Zurücksetzen in der Angelfischerei auf Plattfische. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig (Thünen Working Paper, 262).

Weltersbach, Marc Simon; Riepe, Carsten; Lewin, Wolf-Christian; Strehlow, Harry Vincent (2021): Ökologische, soziale und ökonomische Dimensionen des Meeresangelns in Deutschland. Braunschweig: Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut (Thünen-Report, 83). Online verfügbar unter <https://d-nb.info/1226366988/>.

Weltersbach, Marc Simon; Strehlow, Harry V. (2013): Dead or alive—estimating post-release mortality of Atlantic cod in the recreational fishery. In: ICES Journal of Marine Science 70 (4), S. 864–872. D

Wendelaar Bonga, S. E. (1997): The stress response in fish. In: Physiological reviews 77 (3), S. 591–625.

Wilde, Gene R. (2003): Estimation of catch and release fishing mortality and its sampling variance. In: A. P. M. Coleman (Hg.): Regional experience for global solutions. The proceedings for the 3rd World Recreational Fishing Conference, 21–24 May 2002, Northern Territory, Australia, Bd. 67. Darwin, NT, Australia: Fisheries Group, Department of Business, Industry and Resource Development (Fisheries Report, 67), S. 83–85.

Zimmerman, S. R.; Bochenek, E. A. (2002): Evaluation of the effectiveness of circle hooks in New Jersey's recreational summer flounder fishery. In: Jon A. Lucy und Anne L. Studholme (Hg.): Catch and Release in Marine Recreational Fisheries, Bd. 30 (American Fisheries Society Symposium, 30), S. 106–109.

Zinn, Kaitlyn R.; Johnston, Stephen D.; Johnston, Quin V.A.; Bass, Arthur L.; Weber, Lance A.; Hinch, Scott G. (2026): Influence of gear type, release method, and injury on immediate and delayed mortality of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) captured and released from a marine recreational fishery. In: Fisheries Research 293, S. 107637.

Zydlewski, Joseph; Zydlewski, Gayle; Danner, G. Russell (2010): Descaling Injury Impairs the Osmoregulatory Ability of Atlantic Salmon Smolts Entering Seawater. In: Trans Am Fish Soc 139 (1), S. 129–136.

Abkürzungsverzeichnis

A – after impact only

BACI – before after control impact

CI – control impact

Cov – Kovarianz

G – Gradientenstudien

KI – Konfidenzintervall

MR – mortality released; rohe Sterblichkeit der geangelten Fische

MT – mortality total; kontrollfisch-korrigierte Sterblichkeit

N – number

nR – number released mortality; Anzahl der beobachteten gestorbenen Fische der geangelten Gruppe

NR – number released; Gesamtzahl der beobachteten Fische der geangelten Gruppe

nC – number control mortality; Anzahl der beobachteten gestorbenen Kontrollfische

NC – number control; Gesamtzahl der beobachteten Kontrollfische

RAMP – Reflex Action Mortality Predictors

ROSES – Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses

SE – Standardfehler

Var – Varianz

Vs. – versus

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angepasstes ROSES (Reporting Standards for Systematic Evidence Syntheses) flow diagram, welches den Prozess der Studiensuche bis zur Auswertung zeigt. Der grau hinterlegte Bereich kennzeichnet bereits bestehende Arbeitsschritte und wurde nicht in dieser Arbeit durchgeführt.	14
Abbildung 2: Anzahl an Studien mit Angaben zur Haksterblichkeitsrate, nach taxonomischer Ordnung.	20
Abbildung 3: Anzahl an Studien mit Sterblichkeitsschätzung zu jeder Fischart.	21
Abbildung 4: Anzahl der Studien pro Land, zu dem die Einrichtung des Erstautors gehört.	21
Abbildung 5: Verteilung der Sterblichkeitsraten aus allen Studien. Aus unkontrollierten Studien wurde eine Sterblichkeitsrate als prozentualer Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl Mortalitäten/Gesamtzahl der Fische) verwendet. Aus kontrollierten Studien wurde die kontrollkorrigierte Sterblichkeit verwendet.....	22
Abbildung 6: Design der Studien, die die Sterblichkeit untersuchen, eingeteilt in G „gradient“, A „after impact only“, CI „control-impact“ und BACI „before-after impact-control“.	23
Abbildung 7 Umgebung, in der die Fische nach dem Fangen und Zurücksetzen beobachtet wurden.	23
Abbildung 8: Beobachtungszeitraum der Sterblichkeitsraten in den Studien, eingeteilt in die Zeiträume ≤ 24 h, ein bis drei Tage (25-72 h), drei Tage bis eine Woche (73-168 h) und länger als eine Woche.	24
Abbildung 9: Übersicht zu den rohen (X) und korrigierten (o) Sterblichkeiten der untersuchten Salzwasserschichten. Aus jeder der 25 Studien wurde zur Bestimmung der rohen Sterblichkeit wurde der prozentuale Anteil der in der Studie gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der in der Studie untersuchten Fische (Anzahl gestorbener Fische /Gesamtzahl der Fische) verwendet. Bei Vorhandensein einer geeigneten Kontrollgruppe wurde die rohe Sterblichkeit nach Wilde (2003) korrigiert.	25
Abbildung 10: Übersicht der rohen Haksterblichkeitsrate jeder unkontrollierten Studie zu pazifischen Lachsen der Gattung <i>Oncorhynchus</i> sowie gewichteter meta-analytischer Mittelwert. Die einzelnen rohen Sterblichkeiten umfassen den prozentualen Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl gestorbener Fische /Gesamtzahl der Fische) einer jeweiligen Studie.	27

Abbildung 11: Übersicht der Sterblichkeitsrate jeder kontrollierten Studie zum europäischen Dorsch sowie gewichteter Mittelwert. Die einzelnen Haksterblichkeitsschätzungen sind die kontrollkorrigierten Haksterblichkeiten.	36
Abbildung 12: Übersicht der Sterblichkeitsrate jeder unkontrollierten Studie zu kleineren Vertretern der Pleuronectiformes sowie gewichteter Mittelwert. Die einzelnen Sterblichkeitsraten sind der prozentuale Anteil der gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der untersuchten Fische (Anzahl Mortalitäten/Gesamtzahl der Fische).....	42

Anhang

Tabelle 1: Übersicht zu den erhobenen methodischen Details der 25 Studien, die die Haksterblichkeit untersuchten. Erhoben wurde das Jahr, in dem die Studie begonnen wurde, das Land der institutionellen Zugehörigkeit des Erstautors, die untersuchten Arten, das Studiendesign nach Gradientenstudien (G), „after impact only“- Studien (A), „control-impact“- Studien (CI) und „before after impact control“- Studien (BACI) und die Studienumgebung.

Studie	Jahr	Land	Untersuchte Art(en)	Studiendesign	Studienumgebung
Lunzmann-Cooke et al. (2024)	2020	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	A	Feld
Zinn et al. (2026)	2022	Kanada	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	A	Mesokosmos
Lunzmann-Cooke et al. (2026)	2022	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	A	Feld
Cox-Rogers (2004c)	1998	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	A	Mesokosmos
Hinch et al. (2024, Studie 1)	2020	Kanada	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	A	Feld
Diewert et al. (2002)	2001	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i> , <i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	G	Mesokosmos
Johnston et al. (2026)	2024	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	A	Mesokosmos
Hinch et al. (2024, Studie 2)	2021	Kanada	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	A	Feld
Cox-Rogers (2004a)	2001	Kanada	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	A	Mesokosmos
Cox-Rogers (2004b)	1999	Kanada	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	A	Mesokosmos
Skov et al. (2023)	2021	Dänemark	<i>Salmo trutta</i>	CI	Mesokosmos
Weltersbach und Strehlow (2013)	2012	Deutschland	<i>Gadus morhua</i>	CI	Mesokosmos

Studie	Jahr	Land	Untersuchte Art(en)	Studiendesign	Studienumgebung
Capizzano et al. (2016)	2013	USA	<i>Gadus morhua</i>	G	Feld
Ferter et al. (2015b)	2013	Norwegen	<i>Gadus morhua</i>	CI	Mesokosmos
Ferter et al. (2015a)	2012	Norwegen	<i>Gadus morhua</i>	BACI	Feld
Lewin et al. (2018)	2015	Deutschland	<i>Dicentrarchus labrax</i>	G	Feld
Stewart et al. (2026)	2018	Vereinigtes Königreich	<i>Dicentrarchus labrax</i>	G	Labor
Lucy und Holton (1998)	1994	USA	<i>Paralichthys dentatus</i>	CI	Labor
Lucy und Holton (1998)	1995	USA	<i>Paralichthys dentatus</i>	G	Mesokosmos
Gearhart (2002)	2000	USA	<i>Paralichthys lethostigma</i>	G	Mesokosmos
Malchoff et al. (2002)	1997	USA	<i>Paralichthys dentatus</i>	G	Mesokosmos
Weltersbach et al. (2025)	2023	Deutschland	<i>Pleuronectes platessa</i> , <i>Limanda li- manda</i> , <i>Platichthys flesus</i>	G	Mesokosmos
Ferter et al. (2017)	2011	Norwegen	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	G	Feld
Broadhurst et al. (2011)	2009	Australien	<i>Myxus elongatus</i>	CI	Mesokosmos
Butcher et al. (2010)	2008	Australien	<i>Hyporhamphus australis</i>	CI	Labor

Tabelle 2: Übersicht zu den Sterblichkeitsdaten aus den 25 Studien. Die rohe Haksterblichkeit ist der prozentuale Anteil der während der Beobachtungszeit gestorbenen Fische an der Gesamtzahl der Fische einer Studie. Die korrigierte Sterblichkeit ist die Differenz zwischen roher Haksterblichkeit der geangelten Fische und der Sterblichkeit der Kontrollfische. X bedeutet „nicht vorhanden“.

Studie	Dauer der Sterblichkeitsuntersuchung in h	Fische insgesamt (NR)	Fische tot (nR)	rohe Haksterblichkeit (MR)	Kontrollfische insgesamt (NC)	Kontrollfische tot (nC)	Sterblichkeit der Kontrollfische (MC)	korrigierte Sterblichkeit (MT)
Lunzmann-Cooke et al. (2024)	79	279	88	0.315	X	X	X	X
Zinn et al. (2026)	240	489	151	0.309	X	X	X	X
Lunzmann-Cooke et al. (2026)	81	218	58	0.266	X	X	X	X
Cox-Rogers (2004c)	18	242	62	0.256	X	X	X	X
Hinch et al. (2024, Studie 1)	240	264	46	0.174	X	X	X	X
Diewert et al. (2002)	24	54	8	0.148	X	X	X	X
Johnston et al. (2026)	240	235	34	0.145	X	X	X	X
Hinch et al. (2024, Studie 2)	120	142	17	0.120	X	X	X	X
Cox-Rogers (2004a)	18	157	16	0.102	X	X	X	X
Cox-Rogers (2004b)	18	627	62	0.099	X	X	X	X
Skov et al. (2023)	696	127	0	0	52	0	0	0
Weltersbach und Strehlow (2013)	240	137	46	0.336	101	18	0.178	0.158
Capizzano et al. (2016)	2256	136	29	0.213	X	X	X	X
Ferter et al. (2015b)	72	530	81	0.153	57	1	0.018	0.135
Ferter et al. (2015a)	384	9	0	0.000	71	0	0	0
Lewin et al. (2018)	240	144	19	0.132	50	0	0	0.132
Stewart et al. (2026)	720	208	16	0.077	X	X	X	X
Lucy und Holton (1998)	168	190	47	0.247	X	X	X	X
Lucy und Holton (1998)	24	256	45	0.176	102	0	0	0.176
Gearhart (2002)	72	316	34	0.108	X	X	X	X
Malchoff et al. (2002)	72	999	na	0.095	X	X	X	X
Weltersbach et al. (2025)	144	1901	132	0.069	X	X	X	X
Ferter et al. (2017)	624	9	0	0.000	X	X	X	X

Broadhurst et al. (2011)	96	125	5	0.040	50	0	0	0.040
Butcher et al. (2010)	24	185	93	0.503	90	1	0.011	0.492

Danksagung

Mein herzlichster Dank gilt

Prof. Dr. Robert Arlinghaus vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei für die Bereitstellung des interessanten Themas, die schnelle Unterstützung bei Rückfragen und Überarbeitungen, die ständige Erreichbarkeit und die Möglichkeit, andere Wissenschaftler auf dem Forschungsgebiet kennen zu lernen.

Prof. Dr. Hendrik Schubert von der Universität Rostock für die Zweitkorrektur dieser Arbeit

Matthew Farthing und Alex Winkler vom Safer Lab der Rhodes University in Südafrika sowie Joel Zhang vom Cooke-Lab der Carleton University aus Kanada für das Zusammentragen der Literaturdatenbank, Fritz Feldhege von der IFishMan-Arbeitsgruppe für die Filterung der Studien der Literaturdatenbank, für die Hilfsbereitschaft und die Hinweise für Korrekturen, William Arlidge von der IFishMan-Arbeitsgruppe für die Bereitstellung der Literatur und des Codings, die Einarbeitung und die Hilfsbereitschaft und Tim Steinbrecher von der IFishMan-Arbeitsgruppe für den regelmäßigen Austausch zum Projekt.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, die während der Fertigstellung dieser Arbeit immer unterstützend für mich da waren.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Künstliche Intelligenz als Hilfsmittel wurde genutzt, um Literatur ausfindig zu machen und um relevante Inhalte aus Studien schneller ausfindig machen zu können.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Rostock, 21.09.2026 

Ich bestätige, dass ich den Gutachtern fristgemäß eine elektronische Fassung meiner Abschlussarbeit zur Verfügung stelle.

Rostock, 21.09.2026 

