

Bachelorarbeit

im 2-Fächer-Bachelor-Studiengang

Geographie (Hauptfach) und Biologie (Nebenfach) mit dem Thema

„Methodische Untersuchung von Reusen zur verbesserten Erfassung von Flusskrebse am
Beispiel eines Edelkrebsbestandes (*Astacus astacus*) im mittleren Teutoburger Wald“

im Fachbereich 01 Kultur- und Sozialwissenschaften

am Institut für Geographie der Universität Osnabrück

vorgelegt von

Katharina Freese

Matrikel-Nr.: 984090

Erstgutachter: AR Dr. Andreas Lechner, Institut für Geographie, Universität Osnabrück

Zweitgutachter: Dr. Harald Groß, Leiter Edelkrebsprojekt Nordrhein-Westfalen

Ausgabedatum: 23.08.2023

Abgabedatum: 29.11.2023

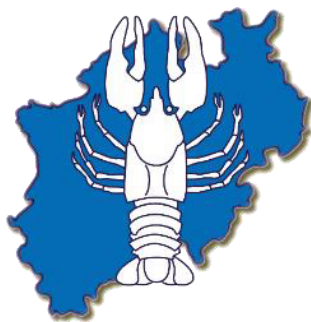
Praktische und weitere fachliche Unterstützung:

Samantha Quaas, M. Sc. Boden, Gewässer, Altlasten (u. a. Mitarbeiterin des Edelkrebsprojekts NRW)

Unterstützt durch:



forum flusskrebse



Edelkrebsprojekt NRW

Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlichst bei allen beteiligten Personen bedanken, ohne deren Unterstützung und Mithilfe die vorliegende Bachelorarbeit in diesem Rahmen nicht möglich gewesen wäre.

Ein besonderer Dank gilt meinen Gutachtern Herrn Dr. Andreas Lechner und Herrn Dr. Harald Groß. Ihr Interesse, Ihre Anregungen und Ihre Unterstützung haben mir sehr geholfen. Durch die stets konstruktive Kritik habe ich unglaublich viel lernen dürfen, wofür ich Ihnen immer dankbar sein werde.

Außerdem möchte ich die Begleitung durch Samantha Quaas gesondert hervorheben, denn durch deine fachliche, praktische und persönliche Unterstützung bin ich in vielerlei Hinsicht gewachsen. Vielen Dank für deine Ideen, deine Ehrlichkeit und deine Geduld. Ebenfalls möchte ich mich herzlich bei Tammo Beerens, Mitarbeiter des Edelkrebsprojekts NRW, bedanken; besonders für die tatkräftige und kompetente Unterstützung bei den durchgeführten Bereusungen. Ich habe die Zusammenarbeit mit dir zu jeder Zeit als hilfreich und positiv empfunden.

Zusätzlich möchte ich mich bei Frau Bettina Branke sowie allen weiteren involvierten Mitarbeitenden des Umweltamts Bielefeld für die Kooperation, das Interesse und das Vertrauen in meine Arbeit bedanken.

Ebenfalls bedanke ich mich von ganzem Herzen bei meinen Freunden und meiner Familie für jegliche Unterstützung, besonders aber bei dir Simon. Ihr wart immer für mich da, hattet für so Vieles Verständnis und habt mir stets konstruktive Rückmeldungen entgegengebracht.

Schließlich danke ich dem Bielefelder Golf Club e.V., besonders Herrn Dr. Heiko Nebelsieck und Jan Henrik Garten. Ihr naturschutzfachliches Interesse, Ihre Offenheit sowie die tolle Kooperation haben die Durchführung dieser Bachelorarbeit erst möglich gemacht. Mein Dank gebührt zudem den Mitarbeiterinnen des Sekretariats sowie allen weiteren Green Keepern für die Nutzung der Räumlichkeiten und die herzliche Umgangsweise.



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Summary	VIII
1 Einleitung	1
2 Forschungsstand	2
2.1 Begriffserläuterung zur Arteneinteilung	2
2.2 Flusskrebsarten in Nordrhein-Westfalen	3
2.3 Der Edelkrebs (<i>Astacus astacus</i>)	4
2.3.1 Morphologie	4
2.3.2 Lebensraum	5
2.3.3 Lebensweise	6
2.3.4 Konkurrenz- und Dominanzverhalten	7
2.3.5 Bestandssituation und Verbreitung	9
2.3.6 rechtliche Aspekte	11
2.3.7 Gefährdungen	11
2.3.8 Schutzmöglichkeiten	12
2.4 Erfassungsmethoden von Flusskrebsbeständen	14
2.4.1 Überblick über verschiedene Erfassungsmethoden	14
2.4.2 Die Reuse als Erfassungsmethode	16
3 Material und Methoden	19
3.1 Auswahl des Untersuchungsgewässers	19
3.2 Reusenmodifikation	20
3.2.1 Entwicklung der Modifikationen	21
3.2.2 Anordnung der Reusen im Gewässer	23
3.3 Datenerhebung: Teich 2	24
3.3.1 Zeitlicher Ablauf	24
3.3.2 Edelkrebsfang	25

Inhaltsverzeichnis	II
3.3.3 Chemisch-physikalische Parameter.....	26
3.3.4 Nährstoffe und Gesamthärte.....	28
3.3.5 Aufnahme des Untersuchungsraums	30
3.4 Datenerhebung: Teich 3.....	31
4 Untersuchungsraum.....	32
4.1 Naturraum.....	32
4.1.1 Naturräumliche Zuordnung	32
4.1.2 Klima.....	33
4.1.3 Geologie und Böden.....	35
4.1.4 Vegetation.....	37
4.2 Untersucher Standort.....	38
4.2.1 Teich 2	40
4.2.2 Teich 3	41
5 Ergebnisse	42
5.1 Teich 2	42
5.1.1 Edelkrebsfang: Gesamtfangerfolg.....	42
5.1.2 Edelkrebsfang: Längenspezifische Differenzierung	44
5.1.3 Chemisch-physikalische Parameter.....	48
5.1.4 Nährstoffe und Gesamthärte.....	50
5.2 Teich 3	51
6 Diskussion	53
6.1 Teich 2	53
6.2 Teich 3	59
7 Fazit und Ausblick.....	61
8 Zusammenfassung.....	66
Quellenverzeichnis	69
Anhang	76
Eigenständigkeitserklärung	93

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Begriffsdefinitionen für das Arteninventar in einem abgrenzbaren Gebiet (BfN 2023a: o.S.).	2
Abb. 2: Männlicher Edelkrebs, ventral (Beerens 2023).	5
Abb. 3: Weiblicher Edelkrebs, dorsal (Freese 2023).	5
Abb. 4: Verbreitung des Edelkrebses in Deutschland mit Untersuchungsgebiet (Waldmann 2019: 26, ergänzt).	10
Abb. 5: Eine Auswahl an Reusen, von links nach rechts: Selbstbauset für <i>Austropotamobius</i> -Arten, röhrenförmige und klappbare Reuse (kommerzieller Fang), faltbare Köderfischreuse (Chucholl und Brinker 2017: 69).	16
Abb. 6: Aufgeklappte Reuse "Pirat", Draufsicht (Freese 2023).	20
Abb. 7: Unveränderte Kehlöffnung der Reuse "Pirat" (Freese 2023).	22
Abb. 8: Kehlöffnung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 1 (Freese 2023).	22
Abb. 9: Kehlöffnung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 2 (Freese 2023).	22
Abb. 10: Kehlöffnung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 3 (Freese 2023).	22
Abb. 11: Übersicht der Reusenverteilung in Teich 2 (Freese 2023).	24
Abb. 12: Aufgeklappte Pirat-Reuse mit Fangerfolg (Freese 2023).	26
Abb. 13: Übersicht der Reusenverteilung in Teich 3 (Freese 2023).	31
Abb. 14: Geomorphologische Zonen und Oberflächenformen Deutschlands (Zöller 2017: 12, ergänzt).	33
Abb. 15: Klimadiagramm der Stadt Bielefeld für den Zeitraum 1991 - 2021 (Climate-Data 2023: o. S.).	34
Abb. 16: Geologische Übersicht (GD NRW 2003: 15, ergänzt).	36
Abb. 17: Die Teichanlage in Draufsicht, von rechts nach links: Teich 1, Teich 2, Teich 3 (Freese 2023).	39
Abb. 18: Die Teichanlage und ein Großteil der angrenzenden Bahn (Freese 2023).	39
Abb. 19: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 (Freese 2023).	40
Abb. 20: Untersuchungsgewässer Teich 3 (Freese 2023).	41
Abb. 21: Gesamtfangerfolg über die Zeit.	42
Abb. 22: Längenspezifische Differenzierung aller Edelkrebsfänge.	45
Abb. 23: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen Referenzreusen.	46
Abb. 24: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M1-Reusen.	47
Abb. 25: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M2-Reusen.	47
Abb. 26: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M3-Reusen.	48

Abb. 27: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt in Teich 2.	49
Abb. 28: Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert in Teich 2.	49
Abb. 29: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt in Teich 3.	52
Abb. 30: Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert in Teich 3.	52
Abb. 31: Draufsicht der geschlossenen Pirat-Reuse (Freese 2023).	77
Abb. 32: Originales Köderkörbchen der Pirat-Reuse (Freese 2023).	77
Abb. 33: Selbst erstelltes Köderbehältnis (Freese 2023).	77
Abb. 34: Naturräume und Großlandschaften Deutschlands (BfN 2011: o. S.).	79
Abb. 35: Gewässersystem im Untersuchungsraum (Umweltamt Stadt Bielefeld 2023).	80
Abb. 36: Das Gewässereinzugsgebiet der Weser in Westfalen und den angrenzenden Regionen (LWL 2017: 2).	81
Abb. 37: Die Teichanlage mitsamt der Golfbahn und den Hängen des Teutoburger Waldes (Freese 2023).	82
Abb. 38: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 (Freese 2023).	82
Abb. 39: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 nach dem Unwetter am 07.07.2023 (Freese 2023).	82
Abb. 40: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in Paket 1.	87
Abb. 41: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in Paket 2.	87
Abb. 42: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in Paket 3.	88
Abb. 43: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in Paket 4.	88
Abb. 44: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in allen Referenzreusen.	89
Abb. 45: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in allen M1-Reusen.	89
Abb. 46: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in allen M2-Reusen.	90
Abb. 47: Fangerfolg von <i>Astacus astacus</i> über die Zeit in allen M3-Reusen.	90

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht ausgewählter Erfassungs- und Managementmethoden (zusammengetragen aus Peay 2004, Gherardi et al. 2011, Chucholl und Brinker 2017, Hager 2018, Manfrin et al. 2019, Waldmann 2019 und Chadwick et al. 2020).	15
Tab. 2: Anzahl der benötigten Kabelbinder sowie die Maße der Kehlöffnungen der entwickelten Modifikationen.	21
Tab. 3: Auflistung der Pakete in Teich 2 mit der Zuordnung der Markierungen und Habitattypen.	23
Tab. 4: Richtwerte der Edelkrebsgewässer hinsichtlich relevanter Parameter (verändert nach Bohl 1989: 132).	29
Tab. 5: Auflistung der Pakete in Teich 3 mit der Zuordnung der Markierungen und Habitattypen.	31
Tab. 6: Ergebnisse des Gesamtfangerfolgs von <i>Astacus astacus</i> – standortbezogen.	43
Tab. 7: Ergebnisse des Gesamtfangerfolgs von <i>Astacus astacus</i> – modifikationsbezogen.	44
Tab. 8: Ergebnisse der längenspezifischen Differenzierungen unterteilt nach Modifikationstyp.	46
Tab. 9: Ergebnisse der Nährstoff- und Gesamthärtemessungen in Teich 2.	50
Tab. 10: Ergebnisse der Nährstoff- und Gesamthärtemessung in Teich 3.	51

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRD	Bundesrepublik Deutschland
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
EKP NRW	Edelkrebsprojekt Nordrhein-Westfalen
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG)
GD NRW	Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen
GrwV	Deutsche Grundwasserverordnung
Hg.	Herausgeber
hpnV	Heutige potenzielle natürliche Vegetation
ICS	Indigenous crayfish species
IG	Interessengemeinschaft
KB	Kabelbinder
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LFischVO	Landesfischereiverordnung
LWL	Landschaftsverband Westfalen-Lippe
m	männlich
M1	Modifikation 1
M2	Modifikation 2
M3	Modifikation 3
Nds.	Niedersächsisch/es
NICS	Non-indigenous crayfish species
Nitrat-RL	Europäische Nitratrichtlinie (EU-RL 91/676/EWG)
NRW	Nordrhein-Westfalen
PNV	Potenzielle Natürliche Vegetation
R	Referenzreize
RL	Rote Liste
TrinkwV	Deutsche Trinkwasserverordnung

UBA	Umweltbundesamt
w	weiblich
\hat{x}	Modus (Lageparameter)
\tilde{x}	Median (Lageparameter)
z. B.	Zum Beispiel

Summary

The capture of crayfish stocks plays a central role in the protection of indigenous crayfish species (ICS) as well as in the management of invasive crayfish species (NICS) (Füreder 2009; Theissinger et al. 2021). The preferred capture and management method is trapping (Waldmann 2019). However, the catches generally show a shift towards large, often male individuals (Gherardi et al. 2011; Chucholl and Brinker 2017; Green et al. 2018). This size-selectivity can lead to problems which is why in this bachelor thesis modifications on the entrance of the Swedish “Pirat”-trap have been developed and tested. Cable ties have been used to reduce the size of the entrance in three steps (M1, M2, M3), creating a physical obstacle and influencing the competitive behaviour relating to the trap. The tests were performed for two weeks on a noble crayfish stock (*Astacus astacus*) in a pond in the “Teutoburger Wald”. The results show that the average body size of catches of 14 cm (median and mode) in the unchanged traps decreased to 10 cm (median) or 11 cm (mode) in the traps with the smallest entrance (M3). Furthermore, a change in the gender ratio within the catches in favour of the females has been observed. In the unchanged traps this is at approximately 17 % and increased to approximately 59 % in the M3-traps. Moreover, the highest catchability could be determined in the M1-traps. In addition to the trapping, a recording of water relevant parameters took place in order to consider the study area in a holistic way.

1 Einleitung

Flusskrebse (Astacidae) aus der Ordnung der Zehnfußkrebse (Decapoda) zählen zu den größten Wirbellosen der Süßwasserlebensräume und haben einen enormen Einfluss auf das von ihnen besiedelte Gewässer. In den letzten 150 Jahren hat sich die Situation der in Europa heimischen Flusskrebsarten so drastisch verändert, dass diese heutzutage gefährdet sind. Eine der größten Gefahren geht hierbei von neobiotischen, größtenteils invasiven Flusskrebsarten aus. Um zum einen geeignete Schutzmaßnahmen für heimische Arten anwenden zu können und zum anderen ein effektives Management invasiver Arten betreiben zu können, bleibt das Aneignen erweiternder Fachkenntnisse notwendig (Füreder 2009; Chucholl und Brinker 2017; Hager 2018; Theissing et al. 2021). Die Bereusung stellt heute vor diesem Hintergrund die bevorzugte Erfassungs- und Managementmethode dar, nicht zuletzt aufgrund mangelnder Alternativen (Waldmann 2019). Allerdings weisen die Fangergebnisse in der Regel eine Verschiebung hin zu größeren Flusskrebsen auf und zudem sind weibliche Flusskrebse nicht selten unterrepräsentiert. Durch diese Größenselektivität können kontextabhängig Probleme entstehen, besonders wenn es um verlässliche Aussagen über Populationen und um die Entnahme invasiver Flusskrebsarten geht (Peay 2004; Gherardi et al. 2011; Chucholl und Brinker 2017; Green et al. 2018). Die beschriebene Diskrepanz zwischen der flächendeckenden Anwendung der Bereusung und der kontextabhängigen problematischen Selektivität dient der vorliegenden Forschungsarbeit als Grundlage. Das Thema lautet daher:

*Methodische Untersuchung von Reusen zur verbesserten Erfassung von Flusskrebsen am Beispiel eines Edelkrebsbestandes (*Astacus astacus*) im mittleren Teutoburger Wald.*

Die Arbeit verfolgt demnach das Ziel, mithilfe von eigens entwickelten Modifikationen an der Reuse, genauer an den Kehlöffnungen, die Größenselektivität zielorientiert zu beeinflussen. Die Modifikationen bewirken eine Verkleinerung des Durchmessers der Kehlöffnungen und sollen hierdurch zum einen ein physisches Hindernis bilden und zum anderen die Konkurrenzbedingungen im Zusammenhang mit der Reuse verändern. Zur Überprüfung des Ziels wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

H1) Eine Modifikation im Sinne einer Verkleinerung der Kehlöffnungen beeinflusst die Größenselektivität der Reuse, wodurch sich folglich die Durchschnittskörpergröße der Fänge verringert.

H2) Eine Modifikation im Sinne einer Verkleinerung der Kehlöffnungen führt dazu, dass sich das Geschlechterverhältnis der Fänge im Vergleich zur Referenzreuse verändert.

2 Forschungsstand

Im folgenden Kapitel werden zunächst grundlegende Begriffe zur Einteilung des Arteninventars definiert. Anschließend wird genauer auf das Arteninventar der Flusskrebse in Nordrhein-Westfalen (NRW), das Untersuchungstier Edelkrebs (*Astacus astacus*) sowie auf die Erfassungs- und Managementmethoden eingegangen. Hierbei wird ein besonderer Fokus auf die Bearbeitung gelegt. Zudem werden relevante wissenschaftliche Publikationen erläutert und in den Kontext dieser Arbeit gesetzt.

2.1 Begriffserläuterung zur Arteneinteilung

Das Arteninventar in einem abgrenzbaren Gebiet, hier Deutschland, lässt sich in verschiedene Kategorien unterteilen. Eine gute Übersicht liefert das Bundesamt für Naturschutz (2023a) mit der Abb. 1:

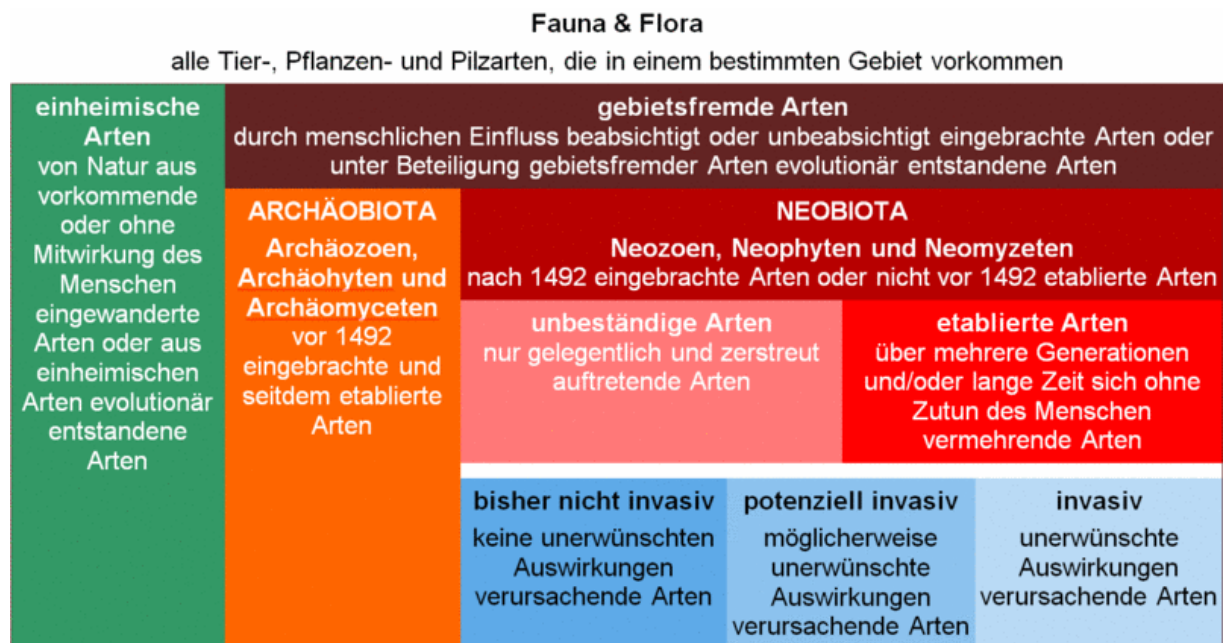


Abb. 1: Begriffsdefinitionen für das Arteninventar in einem abgrenzbaren Gebiet (BfN 2023a: o.S.).

Die Flora und Fauna in einem Gebiet kann demnach grundsätzlich in einheimische und gebietsfremde Arten unterteilt werden. Heimische Arten konnten sich natürlicherweise in Deutschland nach der letzten Eiszeit etablieren. Hierunter fallen auch Arten, welche ohne den Einfluss des Menschen einwandern und sich etablieren konnten. Außerdem sind auch aus einheimischen Arten evolutionär entstandene neue Arten dieser Kategorie zuzuordnen. Neben den einheimischen Arten existieren gebietsfremde Arten, deren Einführung zumeist beabsichtigt durch den Menschen erfolgte. In weitaus weniger Fällen kann die Einführung einer Art auch auf unabsichtliche Weise erfolgt sein, zum Beispiel durch Anheftung von Samen oder Larven an

Handelsgütern, Kleidung oder Schuhen. Der Abb. 1 ist zu entnehmen, dass sich die gebietsfremden Arten weiter in Archäobiota und Neobiota unterteilen lassen. Als Archäobiota werden jene Arten betitelt, welche vor dem Jahr 1492 in ein Gebiet eingebracht wurden. Das Jahr 1492 markiert in diesem Zusammenhang einen Wendepunkt in der menschlichen Geschichte, welcher aufgrund der „Entdeckung“ Amerikas durch Christoph Kolumbus mit einem wachsenden globalen Handel einherging. Als Neobiota werden Tier- (Neozoen) und Pflanzenarten (Neophyten) bezeichnet, welche ursprünglich nicht in Deutschland vorkommen und erst durch menschliches Handeln nach dem Jahr 1492 in die heimischen Ökosysteme eingeführt wurden. Diese lassen sich weiter in „unbeständige“ und „etablierte Arten“ unterteilen. Eine weitere wichtige Unterkategorie der neobiotischen Arten thematisiert die Auswirkungen einer neuen Art auf das vorhandene Ökosystem. So findet sich in der Abb. 1 der Invasivitätsstatus unterteilt in „bisher nicht invasiv“, „potenziell invasiv“ und „invasiv“. Eine neobiotische Art wird dann als invasiv bezeichnet, wenn nachweislich negative Auswirkungen auf andere Arten, Lebensgemeinschaften oder Lebensräume vorhanden sind (BfN 2023a).

2.2 Flusskrebsarten in Nordrhein-Westfalen

Aufgrund der Zusammenarbeit mit dem Edelkrebsprojekt Nordrhein-Westfalen (EKP NRW) fokussiert sich die folgende Aufgliederung des Arteninventars auf in NRW vorkommende Flusskrebsarten. Laut Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2023a) (LANUV) kommen aktuell acht Arten in den nordrhein-westfälischen Gewässern vor. Als heimische Arten (ICS = Indigenous crayfish species) kommen der Edelkrebs mit einer Häufigkeitsklasse von „sehr selten“ sowie der Steinkrebs (*Austropotamobius torrentium*) mit einer Häufigkeitsklasse von „extrem selten“ vor. Neben diesen beiden heimischen Arten existieren sechs neobiotische, invasive Flusskrebsarten (NICS = Non-indigenous crayfish species) in NRW: Der Galizische Sumpfkrebs (*Astacus leptodactylus*), der Kalikokrebs (*Orconectes immunis*), der Kamberkrebs (*Faxonius limosus*), der Rote Amerikanische Sumpfkrebs (*Procambarus clarkii*), der Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) sowie der Marmorkrebs (*Procambarus fallax*). Die letzten vier Arten sind zudem in der Unionsliste (= Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung) aufgeführt (LANUV NRW 2023a; BfN 2017; BfN 2023b).

2.3 Der Edelkrebs (*Astacus astacus*)

Die Bereusung im Rahmen dieser Arbeit erfolgte an einem Edelkrebsbestand, weshalb in den folgenden Abschnitten diese Art in Bezug auf die Morphologie, den Lebensraum, die Lebensweise und das Verhalten sowie auf die Bestandssituation genauer beschrieben wird. Zusätzlich werden die Gefährdungen und Schutzmöglichkeiten betrachtet. In diesem Kapitel beziehen sich die Inhalte auf den Edelkrebs, wenn nicht anders gekennzeichnet.

2.3.1 Morphologie

Der Edelkrebs, auch Europäischer Flusskrebs genannt, lässt sich der Gattung *Astacus* aus der Familie der Astacidae zuordnen. Mit einer maximalen Körperlänge von ca. 20 cm (Männchen) und einem Gewicht von bis zu 200 g zählt er zu den größten in Deutschland vorkommenden Flusskrebsarten. Die weiblichen Exemplare sind mit einer Körperlänge von bis zu 15 cm etwas kleiner (Hager 2018: 15, 22). Gerade die größeren, männlichen Tiere bilden in der Regel sehr große und kraftvolle Scheren aus, um beispielsweise einem Konkurrenten im Kampf standhalten zu können (siehe Abb. 2). Die Weibchen besitzen kleinere Scheren (siehe Abb. 3). Die Oberseite der Scheren ist farblich dem Gesamtkörper angepasst, jedoch deutlich stärker gekörnt. Die Unterseiten der Scheren sind in der Regel rot bis dunkelrot-bräunlich gefärbt (Bestimmungsmerkmal, siehe Abb. 2). Außerdem ist die Gelenkhaut, welche sich zwischen den Scherenfingern befindet, oftmals leuchtend rot gefärbt (Bestimmungsmerkmal, siehe Abb. 2). In Abb. 3 sind die einzelnen Körperabschnitte gut erkennbar. So lässt sich der Körper in Carapax und Abdomen unterteilen. Der Carapax setzt sich aus dem Kopfstück (Cephalon), beginnend beim Rostrum („Krebsnase“), und dem Bruststück (Thorax) zusammen. Am Kopf befinden sich viele wichtige Sinnesorgane und weitere Körperanhänge. Neben den Antennenpaaren, den Augen und dem Rostrum liegen hier ebenfalls die Mundwerkzeuge zur Nahrungsaufnahme. Der Kopf wird durch die Nackenfurche vom Bruststück getrennt. Auf dem Brustpanzer verläuft längs zum Flusskrebiskörper die Rückenfurche (Bestimmungsmerkmal). Insgesamt besitzt der Edelkrebs fünf Beinpaare, wobei das vordere Paar nicht mehr zum Laufen genutzt wird. Die großen Scheren werden zum Graben, Fangen und Festhalten von Nahrung oder zur Verteidigung eingesetzt. Die beiden folgenden Beinpaare haben kleine Scheren ausgebildet und werden als Hilfswerkzeuge bei der Nahrungsaufnahme genutzt. Die beiden letzten Beinpaare dienen allein der Fortbewegung. Bei der Betrachtung des Abdomens von unten lassen sich im Schwanzbereich direkt hinter dem Bruststück die äußerlichen Geschlechtsmerkmale der Tiere erkennen. Bei den männlichen Edelkrebsen sind vier Begattungsbeinchen (Gonopoden) zu finden, bei den Weibchen die Geschlechtsöffnungen. Anschließend folgen vier Paar Schwimmfüßchen. Den zweiten Teil des Abdomens bildet der Schwanzfächer, welcher den After sowie

das Telson (flossenähnlicher Anhang) beinhaltet. Der innenliegende Körper wird von dem Panzer (Exoskelett), welcher aus Kalk und Chitin besteht, geschützt. Die großen Flächen des Panzers, vor allem im Brust- und Kopfbereich, sind überwiegend leicht körnig. Hinter den Augen befindet sich eine zweigeteilte Augenleiste bzw. zwei Paar Postorbitalknoten (Bestimmungsmerkmal). Im Gegensatz zu dem häufig verwechselten Signalkrebs besitzt der Edelkrebs mindestens einen seitlichen Dorn direkt hinter der Nackenfurche (Bestimmungsmerkmal). Die Rückenfurchen des Edelkrebses berühren sich nicht, sondern stehen zumeist weit auseinander. Die Färbung des Panzers variiert von dunkelbraun-schwarz über hellbraun bis rötlich. Teilweise existieren auch Exemplare mit einem gräulichen bis blauen Panzer (Füreder 2009; EKP NRW 2010; Hager 2018; EKP NRW 2019).



Abb. 2: Männlicher Edelkrebs, ventral (Beerens 2023).



Abb. 3: Weiblicher Edelkrebs, dorsal (Freese 2023).

2.3.2 Lebensraum

Zu den natürlichen Lebensräumen des Edelkrebses zählen vor allem die Bäche und Flüsse des Tieflands, allerdings kommt er in diesen heute kaum noch vor. Stattdessen sind die heutigen Bestände besonders in Sekundärlebensräumen zu finden. Hierzu zählen neben natürlichen Oberläufen von Fließgewässern auch Stillgewässer sowie künstliche Gewässer (z. B. Teiche, Talsperren oder Gräben). Eine ständige Wasserführung sowie eine gewisse Naturnähe sind an allen Standorten wichtig. Zudem werden Lebensräume mit standorttypischer Ufervegetation (z. B. Erle, Weide) bevorzugt, welche submerse Wurzelanteile im Gewässer und eine ausreichende Beschattung mit sich bringen. Außerdem benötigt der Edelkrebs eine vielseitig

strukturierte Hydromorphologie. Die Ufer- und Sohlenbeschaffenheit sollte ausreichend Versteck- und Winterquartiermöglichkeiten bieten. Hierfür nutzt der Edelkrebs sowohl Totholzelemente, Makrophyten und Steine als auch unterspülte Ufer oder ins Wasser hineinwachsende Wurzelanteile. Steilere Ufer aus lehmig-tonigem Substrat eignen sich zudem besonders gut zum Graben von Höhlen. Schlammige Böden oder Anteile eines Gewässers werden zumeist vom Edelkrebs vermieden (Füreder 2009; Chucholl und Brinker 2017; Hager 2018).

Der Edelkrebs zeigt grundsätzlich eine breite Toleranzspanne hinsichtlich der physikalisch-chemischen Bedingungen eines Gewässers. Im Sommer sollte die Wassertemperatur zwischen 16 °C und 24 °C liegen, jedoch mindestens 15 °C betragen. Niedrigere Wassertemperaturen behindern das Wachstum und die Reproduktionsfähigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit sollte mehr als 50 µS/cm betragen und der pH-Wert des Gewässers zwischen 6 und 9 liegen. Niedrigere pH-Werte bedeuten einen geringen Kalkgehalt, was wiederum zu Problemen beim Panzerbau, besonders im Kontext der Häutungen, führen kann. Laut Bohl (1989: 132) wurden jedoch auch intakte Edelkrebsbestände in Gewässern mit einem pH-Wert von 4,5 vorgefunden. Der Sauerstoffgehalt sollte mindestens 5 mg/l betragen, idealerweise jedoch deutlich höher liegen. Dennoch können Flusskrebse auch extremen Sauerstoffmangel im Gewässer zeitweise überleben, indem sie an Land Sauerstoff atmen oder sogar abwandern (Chucholl und Brinker 2017: 48; Hager 2018: 23 f.).

2.3.3 Lebensweise

Edelkrebse erreichen die Geschlechtsreife meist im dritten Lebensjahr. Unter optimalen Verhältnissen weisen die Weibchen zu diesem Zeitpunkt eine Körperlänge von 8 - 9 cm auf. Die Männchen sind aufgrund des Selektionsdrucks mit 11 - 12 cm etwas größer. Der Paarungszeitraum ist von der Wassertemperatur abhängig und liegt zumeist zwischen Oktober und November, wenn das Wasser auf ca. 12 °C abkühlt. Aufgrund der intraspezifischen Konkurrenz sind Kämpfe zwischen den Männchen, vor allem in der Paarungszeit, nicht selten und führen teilweise zum Verlust von Scheren oder sogar zum Tod eines Konkurrenten. Weibliche Edelkrebse können bis zu 200 Eier ausbilden, für deren Entwicklung eine Kältephase des Gewässers (unter 5 °C) notwendig ist. Bis zum Schlupfzeitpunkt zwischen Juni und Juli sind die Weibchen intensiv mit der Brutpflege beschäftigt. Etwa eine Woche nach dem Schlupf der Larven erfolgt die erste Häutung der Jungtiere; danach sind bereits die typischen Flusskrebsmerkmale erkennbar. Gegen Ende des ersten Jahres weisen die einsömmerigen Edelkrebse unter optimalen Verhältnissen eine Körpergröße zwischen 2,5 - 3,5 cm auf (Hager 2018: 54 f.).

Edelkrebse gelten als Schlüsselart in aquatischen Nahrungsnetzen, denn durch ihre Ernährungsgewohnheiten gestalten sie die Zusammensetzung des Nahrungsnetzes entscheidend mit. Die Menge der Nahrungsaufnahme hängt zum einen vom Angebot und zum anderen von der Wassertemperatur ab. Bei den angegebenen Optimaltemperaturen sind die Edelkrebse am aktivsten und auch das Verlangen nach Nahrung ist am größten. Als Omnivoren fungieren sie als wichtige Konsumenten: So zählen Makrophyten, Detritus (besonders Erlen- und Weidenblätter), benthische Wirbellose und auch verletzte oder gerade abgestorbene Wirbeltiere (z. B. Fische) zu den Hauptnahrungsquellen.-Außerdem stellen sie selbst eine wichtige Nahrungsquelle für Prädatoren dar (Holdich 2002; Hager 2018). Es konnten zudem altersabhängige Nahrungspräferenzen bei Edelkrebsen festgestellt werden. Demnach verzehren junge Tiere vermehrt kleine aquatische Wirbellose (z. B. Wasserflöhe oder Ruderfußkrebse), Larven und Zooplankton, während sich adulte Tiere überwiegend von pflanzlichem Material ernähren (Pöckl 1998: 160).

Aufgrund des festen Panzers muss sich jeder Flusskrebs häuten und einen neuen Panzer ausbilden, um an Größe zu gewinnen. Die Anzahl der Häutungen ist dabei abhängig von der Wassertemperatur (unter 12 °C findet keine Häutung statt), dem Nahrungsangebot sowie dem Alter. Die Häutungsphasen, vor allem bei den Männchen, liegen dabei oftmals zwischen August und September. Im Zuge der Häutung und Panzerneubildung spielt Kalk eine zentrale Rolle, sodass sie auf eine gewisse Verfügbarkeit im Gewässer angewiesen sind (Bohl 1989: 138). In sauren Gewässern können die Tiere sogenannte Krebssteine als Kalkreserven am Körper ausbilden. Diese werden während der Häutung aufgelöst und zur Panzerneubildung verwendet (Hager 2018).

2.3.4 Konkurrenz- und Dominanzverhalten

Flusskrebse (Decapoda) im Allgemeinen sind durchaus für ihr agonistisches Verhalten bekannt, sobald es zu einer Interaktion zwischen zwei Individuen, sowohl inter- als auch intraspezifisch, kommt (Holdich 2002; Breithaupt und Thiel 2011). Agonistisches Verhalten kann sich durch Aggression und Kampf sowie durch Vermeidung und Rückzug auszeichnen und wird allgemein als Gegenteil des kooperativen Verhaltens angesehen (Spektrum 2023a). Als übergeordnete Gründe für kämpferisches Verhalten unter Flusskrebsen gelten vor allem Nahrungsressourcen, Verstecke (besonders selbst erbaute) und die Chance auf Verpaarung. Kommt es zu einer Begegnung zweier Flusskrebse im Kontext der vorher genannten Ressourcen, zeigen sich oftmals ähnlich ablaufende kämpferische Verhaltensmuster. So wurden für *Faxonius virilis* beispielsweise folgende vier Muster klassifiziert: Vermeidung (ein Krebs zieht sich umgehend zurück), Drohung (mithilfe der Scheren), nicht-verletzende Aggression (z. B. durch Schlagen der Scheren) und schließlich der Kampf unter enormem Einsatz der Scheren und Schreitbeine

(Holdich 2002: 275). Lundberg (2004) hat in seiner Publikation mehrere Verhaltenselemente von *Astacus astacus* gesammelt und detailliert beschrieben; darunter ist auch das vielfältige agonistische Verhalten gelistet, welches den vorher beschriebenen Verhaltensmustern von *Faxonius virilis* ähnelt. Eine Begegnung zweier Flusskrebse führt demnach zu agonistischem Verhalten, welches sich im Verlauf steigert und intensiviert wird, wenn sich keiner der Konkurrenten zurückzieht. Welches Individuum den Kampf gewinnt, hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Goessmann et al. (2000: 419) und Breithaupt und Thiel (2011: 261) identifizieren folgende Faktoren:

- die Körper- und Scherengröße,
- die körperliche Verfassung bzw. Überlegenheit,
- der Ernährungsstatus,
- das Häutungsstadium,
- die Zielressource und
- (Kampf- und Sieges-)Erfahrungen.

Ein Kampf bzw. eine Auseinandersetzung kann mit schwerwiegenden Verletzungen oder sogar mit dem Tod eines Konkurrenten enden. Je ähnlicher sich die involvierten Flusskrebse in den oben genannten Faktoren sind, desto länger dauert ein Kampf (Breithaupt und Thiel 2011: 261). Kämpfe innerhalb einer Population dienen dem Aufbau einer Dominanzhierarchie. Auf diese Weise können Kräfte gespart werden, weil es nicht immer wieder bei jeder Begegnung zu intensiven Auseinandersetzungen kommt. So konnten Goessmann et al. (2000) anhand von Untersuchungen junger Edelkrebse zeigen, dass bei der Besetzung eines Aquariums zunächst viele agonistische Begegnungen auftraten, diese aber mit der Zeit abnahmen und sich eine Hierarchie entwickelte. Ebenso beschreibt auch Lundberg (2004: 152) rangordnendes Verhalten für *Astacus astacus*, wobei generell folgende Grundprinzipien gelten:

- große Individuen dominieren kleinere Individuen,
- Männchen dominieren Weibchen und
- Brutpflegende Weibchen dominieren nicht-brutpflegende Weibchen.

Diese Leitsätze sollten jedoch nicht als starr angesehen werden, sondern dienen lediglich als wahrscheinliches Grundsatzmuster.

In Bezug auf die vorliegende Arbeit wird der Fokus auf die Größe und das Geschlecht der Flusskrebse im Kontext agonistischen Verhaltens gelegt. In der Studie von Daněk et al. (2019) über Bewegungsmuster von Edelkrebsen konnte herausgefunden werden, dass junge Edelkrebse signifikant weitere Strecken zurücklegten als adulte Tiere. Außerdem unterschied sich

das Bewegungsmuster und die Aktivitätszeit grundsätzlich zwischen beiden Altersgruppen. Die Ergebnisse könnten aus dem agonistischen Verhalten adulter Edelkrebse resultieren und ein Vermeidungsverhalten der Jungtiere sein. Dies würde auch das folgende Beispiel von Holdich (2002) bekräftigen: Kleinere Individuen des Edelkrebse versteckten sich vermehrt an suboptimalen Alternativorten, wenn größere Exemplare bereits die optimalen Verstecke eingenommen haben, anstatt eine Konfrontation einzugehen. Auch im Kontext des reproduktiven Verhaltens scheinen kleinere Flusskrebse unterlegen zu sein, denn diese verpaaren sich weniger oft als große Männchen (Holdich 2002: 270). Innerhalb der Flusskrebse scheinen demnach Männchen das dominantere Geschlecht darzustellen – so auch bei *Astacus astacus*. Männliche Exemplare geraten durch intraspezifische Konkurrenz öfter in aggressive Interaktionen, sie kämpfen und verletzen sich daher öfter, vor allem im Kontext von Verpaarungsmöglichkeiten (Holdich 2002).

Im Kontext agonistischer Interaktionen spielt auch die Kommunikation auf chemischer Ebene eine zentrale Rolle. So sollen ausgeschiedene Pheromone dazu beitragen, dass sich ein Kampf zwischen Konkurrenten schneller auflöst oder auch Paarungsverhalten zwischen Männchen und Weibchen initiiert. Viele dieser chemischen Signale befinden sich offenbar im Urin, welches durch ein Paar Nephroporen am Kopf entlassen wird. Aufgrund der Anatomie und Physiologie können Flusskrebse sehr gut kontrollieren, wann und in welche Richtung die chemischen Signale mithilfe des Urins ausgestoßen werden sollen. Der Urin enthält zudem verschiedene Stoffwechselprodukte, welche zum Beispiel Informationen über den physiologischen Zustand eines Individuums vermitteln können (Breithaupt und Thiel 2011: 257 ff.). So wird „Urinieren“ von Lundberg (2004) als ein Verhaltenselement aufgeführt, welches intensiviert wird, wenn ein dominanter Flusskrebs auf einen weniger dominanten trifft oder von diesem angegriffen wird. Zudem konnte beobachtet werden, dass mit gesteigerter Aggression mehr Urin ausgestoßen wird. Offenbar ist die chemische Kommunikation über den Urin wichtig, um eine Dominanzhierarchie zwischen Konkurrenten aufzubauen, und damit an offensives, agonistisches Verhalten geknüpft (Breithaupt und Thiel 2011: 263 f.).

2.3.5 Bestandssituation und Verbreitung

Der Edelkrebs findet seine natürliche Verbreitung vornehmlich in Mitteleuropa und kam daher historisch gesehen auch in ganz Deutschland vor. In NRW waren viele der Süßwasser von individuenreichen Beständen besiedelt. Heutzutage sieht sich der Edelkrebs besonders durch den Einfluss gebietsfremder und invasiver Arten als auch durch Lebensraumverlust und -veränderungen bedroht (siehe Abschnitt 2.3.7) (EKP NRW 2019). Die aktuellsten Daten zur Bestandssituation und Verbreitung des Edelkrebse in Deutschland liefert Waldmann (2019). In seinen

Untersuchungen konnte er zeigen, dass dieser auch heutzutage in allen Bundesländern Deutschlands vorkommt. Eine Ausnahme bilden dabei die Stadtstaaten. Außerdem wird ein auffälliges Verbreitungsmuster mit einem deutlichen Schwerpunkt auf den Mittelgebirgen beschrieben (siehe Abb. 4), welches höchstwahrscheinlich auf die Verbreitung und Konkurrenz durch den Kamberkreb sowie die damit einhergehende, fast immer tödlich endende, Infektion der heimischen Bestände mit der sogenannten Krebspest (Erreger *Aphanomyces astaci*) zurückzuführen ist (siehe Abschnitt 2.3.7) (Waldmann 2019). Auch für NRW trifft dieses Verbreitungsmuster durchaus zu – der Großteil der Edelkrebsebestände ist heute in den Oberläufen der Mittelgebirgslagen zu finden. Daneben stellen auch Stillgewässer, welche sich durch Abgeschlossenheit und Isolation von anderen Gewässern auszeichnen, einen gern besiedelten und heutzutage notwendigen Alternativlebensraum für Edelkrebse dar (Hager 2018).

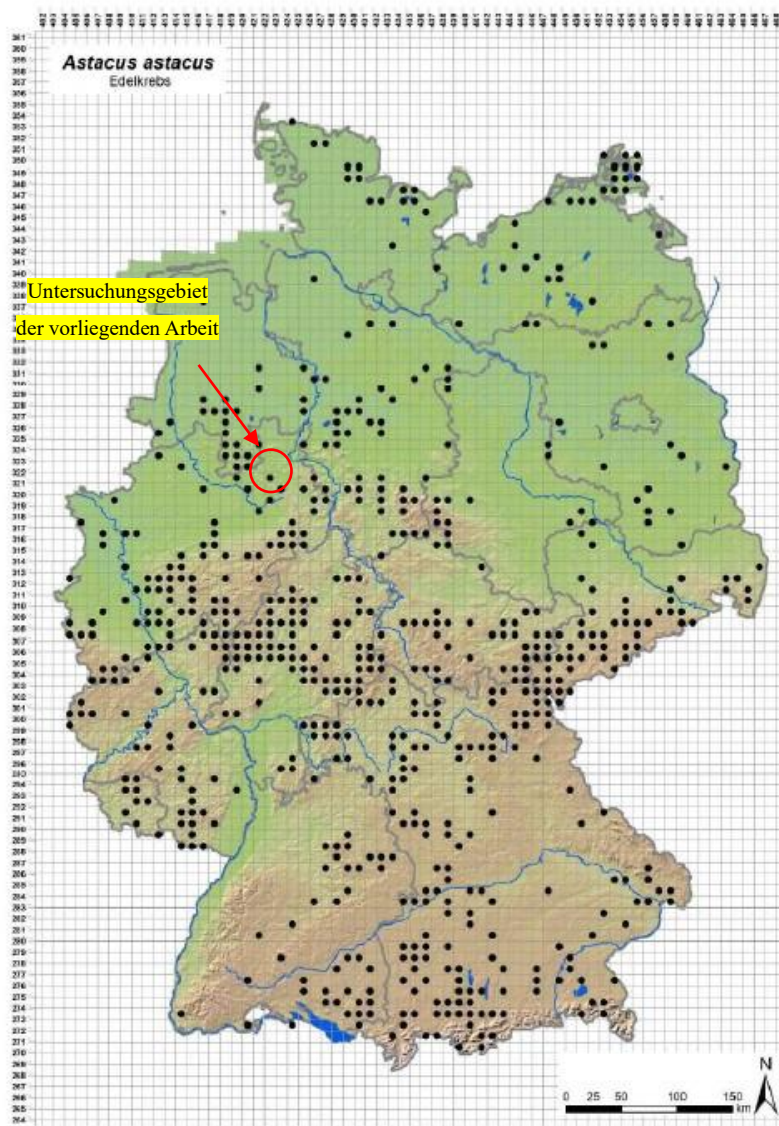


Abb. 4: Verbreitung des Edelkrebse in Deutschland mit Untersuchungsgebiet (Waldmann 2019: 26, ergänzt).

2.3.6 rechtliche Aspekte

Der Edelkrebs ist durch mehrere internationale und nationale Rechtsschriften geschützt. So wird er als Anhang-V-Art in der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) (FFH-RL) aufgeführt. Die FFH-RL wurde von der Europäischen Union im Jahr 1992 eingeführt, um die in Europa wildlebenden Arten und ihre natürlichen Lebensräume zu schützen. Arten des Anhangs V sind wirtschaftlich genutzte Arten, welche durch die Richtlinie bestimmten Aspekten zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der Bestände unterliegen (BfN 2022; BfN 2023c). Indirekt profitieren die heimischen Arten zudem durch die EU-Verordnung Nr. 1143/2014 zu invasiven Arten, dessen Kern die sogenannte Unionsliste darstellt. In dieser rechtsverbindlichen Liste werden gebietsfremde Arten mit wissenschaftlich nachgewiesenem Invasivitätsstatus aufgenommen (siehe Abschnitt 2.2). Ziel der Verordnung ist es, die negativen naturschutzfachlichen Auswirkungen von invasiven Arten abzuschwächen (Chucholl und Brinker 2017: 38). Zudem ist der Edelkrebs auf der Roten Liste in Nordrhein-Westfalen zu finden. Die Kategorie wird mit „1S“ als „Vom Aussterben bedroht; dank Schutzmaßnahmen gleich, gering oder nicht mehr gefährdet“ eingestuft. Die aktuelle Bestandssituation (Stand 2010) wird als „sehr selten“ mit einem langfristigen stark rückläufigen Bestandstrend beschrieben. Außerdem wird die besondere Gefährdung durch die zumeist tödlich endende Krebspest mit aufgeführt (siehe Abschnitt 2.3.7). Aufgrund der globalen Verantwortlichkeit des Landes NRW für diese Tierart (Vaw) ist der Edelkrebs durch das Bundesnaturschutzgesetz (§ 7 Abs. 2 Nr. 14) streng geschützt (LANUV 2023). In Deutschland sind Flusskrebse rechtlich den Fischen zugeordnet, weshalb sie dem Fischereirecht unterliegen. Laut Landesfischereiverordnung NRW vom 09.03.2010 unterliegt der Edelkrebs einer ganzjährigen Schonzeit und darf daher dem Wasser nicht entnommen werden. Eine Ausnahme darf von den zuständigen naturschutzfachlichen Behörden für eine begrenzte Zeit mit triftigem Grund ausgestellt werden, wie es auch im Rahmen dieser Arbeit der Fall war (Ministerium des Innern des Landes NRW 2023).

2.3.7 Gefährdungen

Für die in Deutschland heimischen Flusskrebse stellt die anhaltende Ausbreitung und Etablierung neobiotischer, größtenteils invasiver Flusskrebse eine große Bedrohung dar. Diese Arten sind in der Regel Träger des Erregers *Aphanomyces astaci*, welcher die sogenannte Krebspest auslöst. Diese Erkrankung verläuft für den Edelkrebs zumeist tödlich, wohingegen die Überträger selbst äußerst selten daran erkranken. Höchstwahrscheinlich wurde die Krebspest Mitte des 19. Jahrhunderts nach Europa verschleppt – vermutlich durch infizierte Flusskrebse aus Nordamerika (Füreder 2009: 77). Die Übertragung des Erregers erfolgt über Sporen, die von infizierten Flusskrebsen ins Gewässer abgegeben werden. Somit stellt die Ausbreitung

infizierter Exemplare in Lebensräume heimischer Arten die größte Bedrohung dar. Neben dieser Übertragungsweise bestehen jedoch weitere Vektoren, die es zu beachten gibt. So können die Sporen auch durch verseuchtes (Haft-)Wasser an Arbeitsmaterialien, (Angel-)Ausrüstung oder beispielsweise am Gefieder von Wasservögeln übertragen werden. Da die Sporen auf feuchten Oberflächen bis zu 14 Tage überdauern können, sind bei jeglichen Handlungen in und an nicht-infizierten Gewässern Vorsichtsmaßnahmen (z. B. Abkochen oder Einfrieren von zu verwendenden Ködern, Trocknen oder Desinfizieren von Arbeitsmaterialien, Kleidung und Ausrüstung) zu treffen. Doch auch ohne die Übertragung der Krebspest kommt es bei einem direkten Zusammentreffen von neobiotischen invasiven Arten und den europäischen Arten oftmals schnell zu einem Zusammenbruch der heimischen Bestände. So ist beispielsweise der Signalkrebs dem Edelkrebs interspezifisch überlegen, denn durch sein aggressiveres Verhalten, seine schnellere Reproduktions- sowie gesteigerte Wachstumsfähigkeit ist dieser deutlich konkurrenzstärker (Füreder 2009; Chucholl und Brinker 2017).

In den heutigen, oftmals räumlich isolierten, Lebensräumen des Edelkrebsses wirken sich besonders die Degradierung und die Verschmutzung der Gewässer negativ auf die Bestände aus. So können beispielsweise folgende Beeinträchtigungen schwerwiegende Folgen für einen Bestand haben: Eintragungen aus der umgebenden Landschaft (z. B. Düngemittel, Abwässer, Sedimente), Eintragung von Insektiziden (besonders schwerwiegend aufgrund des Chitins im Panzer) oder der Trockenfall des Gewässers. Daneben können auch wasserbauliche Maßnahmen, Unterhaltungsmaßnahmen oder bestimmte Gewässernutzungen (z. B. Freizeitaktivitäten) einen negativen Einfluss haben oder schlimmstenfalls zu einem Verlust des Lebensraums führen (Füreder 2009; Chucholl und Brinker 2017).

Neben den oben aufgeführten Bedrohungen können durchaus auch Prädatoren in ungünstigen Fällen bestandsgefährdend wirken. Der Besatz eines Edelkrebsgewässers mit Raubfischen oder das verstärkte Vorkommen dieser, besonders Aal (*Anguilla anguilla*) und Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), kann aufgrund des erhöhten Fraßdrucks ein Edelkrebsvorkommen gefährden (Füreder 2009: 78).

2.3.8 Schutzmöglichkeiten

Die übergeordneten notwendigen Schutzmaßnahmen ergeben sich weitestgehend aus den bereits beschriebenen Gefährdungen (siehe Abschnitt 2.3.7): Das Management invasiver Arten und der Krebspest sowie der Erhalt der Lebensräume. Vom Edelkrebs besiedelte Gewässer sollten demnach mindestens vom Zustand her erhalten bleiben. Im besten Fall können Lebensräume durch geeignete Maßnahmen verbessert und erweitert werden, um auf diese Weise einen

Bestand zu fördern (EKP NRW 2019). Bei jeglichen Renaturierungsmaßnahmen sollten die Ansprüche der Zielart an ihren Lebensraum von Beginn an mitbedacht werden (siehe Abschnitt 2.3.2), sodass eine (Wieder-)Ansiedlung auch gelingen kann. Ein ausführliches Leitbild zur Wiederherstellung von Lebensräumen heimischer Flusskrebarten liefern Chucholl und Brinker (2017: 46 ff.) für die in Baden-Württemberg heimischen Arten Edelkrebs, Steinkrebs, Dohlenkrebs (*Austropotamobius pallipes*). Außerdem sollte eine weitere Ausbreitung der invasiven Arten vermieden werden. So ist beispielsweise das Aussetzen dieser Arten in NRW verboten. Gleichzeitig ist der Fang dieser Arten und vor allem die Entnahme von Weibchen für Fischereischeininhabende ganzjährig gestattet. Daneben können in begründeten Einzelfällen auch sogenannte (fischpassierbare) Krebssperren in Fließgewässern Abhilfe schaffen. Eng damit verbunden ist die Krebspestprophylaxe, da diese Krankheit eine große Bedrohung für die heimischen Bestände darstellt. Somit trägt die Vermeidung einer Krebspest-Übertragung unmittelbar zum Schutz der heimischen Flusskrebse bei (EKP NRW 2019). Darüber hinaus ist der rechtliche Schutz des Edelkrebses wichtig (siehe Abschnitt 2.3.6).

Flusskrebssprojekte, wie das in NRW etablierte Edelkrebsprojekt NRW, stellen eine geeignete Möglichkeit dar, die bereits genannten Schutzaspekte zu vereinen und umzusetzen. Laut Waldmann (2019) stehen zur Finanzierung solcher Projekte sowohl auf EU-, als auch auf Bundes- und Länderebene verschiedene Optionen zur Auswahl. Zudem gilt die Öffentlichkeitsarbeit als wichtiger Bestandteil des Schutzes. Mithilfe geeigneter Werkzeuge, wie z. B. Info-Abende, Seminare, Flyer, Social-Media-Auftritte oder Websites, können viele Menschen auf die prekäre Situation der heimischen Flusskrebse aufmerksam gemacht werden und zugleich im Umgang mit invasiven Arten und der Krebspest sensibilisiert werden (Waldmann 2019).

2.4 Erfassungsmethoden von Flusskrebsbeständen

Der Kenntnisstand über möglichst viele Flusskrebsbestände in unseren Gewässern ist der Schlüssel für geeignete Schutz- und Managementmaßnahmen, somit stellt die Erfassung und Beobachtung der Bestände einen wichtigen Baustein dar (Füreder 2009: 79; Theissing et al. 2021: 1). Es existieren eine Vielzahl von Erfassungsmethoden, welche allerdings sowohl mit Vor- als auch mit Nachteilen einhergehen. Die Bereusung gilt hierbei als zentrale Methode sowohl im Schutz der heimischen Arten als auch im Management invasiver Arten und wird daher im folgenden Abschnitt 2.4.2 genauer erläutert.

2.4.1 Überblick über verschiedene Erfassungsmethoden

Die folgende Tab. 1 stellt einige, jedoch längst nicht alle, Erfassungs- sowie Managementmethoden vor und soll vor allem eine Übersicht bieten.

Bei der Wahl einer Methode ist grundsätzlich zu beachten, dass sie zumeist für einen bestimmten Einsatzbereich oder ein bestimmtes Ziel entwickelt wurde und somit nicht gänzlich in beliebigen Situationen eingesetzt werden kann. Mögliche Managementziele stellen die Beseitigung, die Bestandskontrolle bzw. Reduktion sowie die Eindämmung (Ausbreitungsverhinderung) neobiotischer Arten dar. Die im Folgenden vorgestellten Erfassungs- und Managementmethoden sind nicht für jedes dieser Ziele geeignet und zum Teil nur bedingt wirksam (Chucholl und Brinker 2017: 64 f.). Erfassungsmethoden können darüber hinaus grundsätzlich in aktive und passive Methoden unterteilt werden, wobei z. B. die händische Nachsuche oder das Tauchen als aktive Methoden gelten und beispielsweise die Bereusung oder der Einsatz künstlicher Verstecke als passive Methoden eingestuft werden (Waldmann 2019: 43). Jede Methode bietet oftmals sowohl Vor- als auch Nachteile, wobei wichtige Aspekte die Selektivität der Methoden, die Kosten, der zeitliche Aufwand (Peay 2004; Hager 2018) sowie die generelle Wirksamkeit (besonders im Management invasiver Arten) darstellen (Gherardi et al. 2011; Manfrin et al. 2019).

Tab. 1: Übersicht ausgewählter Erfassungs- und Managementmethoden (zusammengetragen aus Peay 2004, Gherardi et al. 2011, Chucholl und Brinker 2017, Hager 2018, Manfrin et al. 2019, Waldmann 2019 und Chadwick et al. 2020).

Methode	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile	Bemerkungen
Händische Nachsuche (bei Nacht)	Bestandskontrolle/Reduktion NICS, Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS), ggfs. Besatzkrebsgewinnung ICS	auch kleine Flusskrebsse können erfasst werden, kann selektiv eingesetzt werden, kostengünstig	abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse, nicht sehr effizient, benötigt flache Gewässer und Sichttiefe	/
Tauchen	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS)	in sonst weniger gut erreichbaren Gewässern und Gewässertiefen durchführbar	abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse und Sichtverhältnissen, Tauchschein/Erlaubnis/ Ausrüstung erforderlich	/
Suche nach Spuren (z. B. Scheren)	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS)	kostenfrei, ohne großen Aufwand möglich	abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse	/
Köderfischdaubel	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS), Hobbyfischerei	sehr fängig	zeit- und arbeitsintensiv, abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse	/
Krebsteiler	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS), Hobbyfischerei	sehr fängig	zeit- und arbeitsintensiv, abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse	/
Künstliche Versteckfallen	Bestandskontrolle/Reduktion NICS, Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS), ggfs. Besatzkrebsgewinnung ICS	geringe ökologische Auswirkungen, fängig	abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse, hohe Selektivität, zeit- und kostenintensiv	/
Nächtliche Beobachtung	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS)	kostengünstig	abhängig von der Aktivität der Flusskrebsse	/
Wasseranalyse (eDNA)	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS)	für Probenehmer sehr geringer Aufwand, zeitsparend	kostenintensiv	Methode befindet sich noch in der Entwicklung
Elektrobofischung	Nachweis von Flusskrebsvorkommen (ICS und NICS)	auch kleine ausgewachsene und junge Flusskrebsse werden gefangen, zeitsparend	benötigt flaches klares Wasser und gute Witterungsverhältnisse, kostenintensiv, z. T. ökologische Auswirkungen	Methode gilt als umstritten
Trockenlegung eines Gewässers / „Triple Drawdown Method“	Beseitigung NICS	recht gute Wirksamkeit	kostenintensiv, hohe ökologische Auswirkungen	umstrittene Anwendbarkeit aufgrund hoher ökologischer Auswirkungen
Krebssperren	Eindämmung/Ausbreitungsverhinderung NICS	hohe Wirksamkeit, geringer Zeiteinsatz, geringe Selektivität	kostenintensiv, ökologische Auswirkungen und teils geringe Anwendbarkeit	Methode kollidiert z. T. mit der Umsetzung der WRRRL
Prädatoren	Bestandskontrolle/Reduktion NICS	geringe ökologische Auswirkungen, geringe Kosten	zeitintensiv im Sinne der Wirksamkeit, hohe Selektivität	/

2.4.2 Die Reuse als Erfassungsmethode

Die Bereusung wird sehr häufig im Kontext der Flusskrebserfassung genannt, sowohl national als auch international. Zudem liefern die Ergebnisse von Waldmann (2019: 44) die Information, dass „in Deutschland [...] nach Sichtung einer Vielzahl von Gutachten und Berichten im Rahmen der bundesweiten Recherche folgende Methodiken für die Erfassung von ICS bevorzugt angewendet [werden; d.V.]: Nachweis von *A. astacus*: Reusen, Nachweis von *A. pallipes* und *A. torrentium*: Nachsuche per Hand am Tag.“ Zusätzlich zeigen die Ergebnisse von Waldmann (2019: 59), dass die Bereusung auch im Management invasiver Flusskrebse bevorzugt eingesetzt wird. Dies ist vor allem aufgrund mangelnder Alternativen der Fall. Die in Tab. 1 gelisteten Managementmethoden sind zwar vorhanden, jedoch aufgrund geringer Wirksamkeit, hoher ökologischer Auswirkungen oder geringer Anwendbarkeit (z. B. nur in Einzelfällen realisierbar) keine realen Alternativen zur Bereusung. Die flächendeckende und alternativarme Anwendung der Bereusung wird ebenfalls in den BfN-Skripten 458 „Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde aquatische Pilze, Tiere, Niedere Pflanzen und Wirbellose Tiere“ deutlich: Im Zuge der dort gelisteten invasiven Flusskrebarten wird ausnahmslos die mechanische Entfernung, zu welcher die Bereusung gehört, als Managementmaßnahme erwähnt (BfN 2017). Reusen gibt es in verschiedenen Ausführungen und Qualitäten. Die Abb. 5 zeigt eine Auswahl von Reusentypen. Grundsätzlich bauen sie auf demselben Funktionsprinzip auf: Der Flusskrebs wird durch einen Köder im Inneren der Reuse angelockt, gelangt durch einen Eingang hinein und findet oftmals nicht wieder hinaus. Als Köder können z. B. frischer Fisch, Katzen- sowie Hundefutter dienen. Aufgrund der Nachtaktivität der Flusskrebse werden die Reusen vor Sonnenuntergang im Gewässer platziert und in der Regel am nächsten Morgen wieder gehoben (Chucholl und Brinker 2017).



Abb. 5: Eine Auswahl an Reusen, von links nach rechts: Selbstbauset für *Austropotamobius*-Arten, röhrenförmige und klappbare Reuse (kommerzieller Fang), faltbare Köderfischreuse (Chucholl und Brinker 2017: 69).

Die Bereusung als Erfassungsmethode bietet einige Vorteile. Aufgrund der langen Einsatzgeschichte von Reusen in der kommerziellen Fischerei gibt es viel Erfahrungswissen und erprobte Reusentypen. Zudem hat eine Reuse im Gewässer einen sehr geringen ökologischen Einfluss im Vergleich zu anderen Erfassungsmethoden (siehe Tab. 1). Die Fangeffektivität wird als hoch eingestuft und es können auch größere Gewässerabschnitte effizient beprobt werden (Gherardi et al. 2011; Manfrin et al. 2019). Außerdem ist ein Einsatz der Reusen problemlos auch in tieferen Gewässern und unter trüben Bedingungen möglich. Als nachteilig lässt sich die hohe Anfälligkeit für Diebstahl und Vandalismus nennen, welche besonders in öffentlich zugänglichen Gewässern eine Rolle spielt. Der Einsatz von Reusen kann zudem durchaus kosten- und zeitintensiv werden, denn neben der Beschaffung benötigt es zwei Arbeitseinsätze pro Reusennacht (einlassen und heben). Je nach Gelände kann der Einsatz eines Bootes die Kosten erhöhen. Es ist außerdem zu beachten, dass sich nicht jede Jahreszeit zur Bereusung eignet (z. B. Paarungs- und Häutungszeit ungeeignet, siehe Abschnitt 2.3.3) (Peay 2004). Die wohl am häufigsten in der Literatur genannte problematische Eigenschaft von Reusen ist die Größenselektivität. Die Fangergebnisse zeigen in der Regel eine Verschiebung hin zu größeren, oftmals männlichen, Flusskrebse. Weibchen und junge Flusskrebse sind demnach nicht selten unterrepräsentiert. Aus diesem Grund eignet sich der alleinige Einsatz dieser Methode nur bedingt, um Aussagen über Populations-, Geschlechter- oder Altersstrukturen eines Bestandes zu treffen (Peay 2004; Gherardi et al. 2011; Chucholl und Brinker 2017; Green et al. 2018). Die Selektivität scheint nicht verwunderlich, denn die Reusen wurden ursprünglich für den Fang von Speisekrebse entworfen. In diesem Kontext bilden große Individuen das Fangziel ab (Holdich 2002). Doch gerade für adäquate Schutzmaßnahmen sind verlässliche Aussagen über die heimischen Bestände sehr wertvoll und auch im Kontext der Entnahme invasiver Arten führt die Selektivität von Reusen zu Problemen: So kann eine vermehrte Entfernung der großen, dominanten Exemplare (bes. Männchen) die umgekehrte Wirkung haben und einen Bestand in seiner Entwicklung sogar fördern. Dies lässt sich mit den verschobenen Konkurrenzbedingungen zugunsten der Jungtiere innerhalb des Bestandes erklären (siehe Abschnitt 2.3.4). Wird jedoch die Bereusung mit einer anderen Methode (z. B. Einsatz von Raubfischen) kombiniert, erhöht sich in der Regel der Erfolg und die Wirksamkeit sehr stark (Chucholl und Brinker 2017).

Vor dem Hintergrund der kontextabhängigen problematischen Größenselektivität soll im Rahmen dieser Arbeit eine Modifikation entwickelt werden, mit welcher diese beeinflusst werden kann. So könnten die modifizierten Reusen sowohl in der Erfassung heimischer Bestände als auch im Management invasiver Arten zielführender eingesetzt werden. In der Fachwissenschaft gibt es bereits einige Ansätze, die sich mit dem Thema der Selektivität von Reusen, im weiteren Sinne auch Fallen, beschäftigen. Cheng et al. (2022) konnten im Rahmen einer Studie über die

Effizienz von Fallen mit unterschiedlich vielen Eingängen nachweisen, dass sich weder die Fangeffizienz noch die Größe der gefangenen Tiere signifikant unterschied. Somit scheint die Anzahl der Eingänge keinen merkenswerten Einfluss die Größenzusammensetzung der Fänge zu haben. Untersuchungen von Johnson et al. (2014) aus Norwegen hingegen verfolgten im Kontext der kommerziellen Edelkrebsfischerei den Ansatz, durch eine Veränderung der Maschenweite beköderter Fallen weniger Edelkrebse nicht-legaler Größe (unter Mindestgröße) zu fangen. Es konnte gezeigt werden, dass Fallen mit einer größeren Maschenweite erstens signifikant weniger Krebse fingen und zweitens signifikant weniger Krebse unterhalb der Mindestgröße fingen. Die Maschenweite scheint demnach einen Einfluss auf die Größe der gefangenen Tiere zu haben. Ein weiteres Beispiel für die aktuelle Forschung auf diesem Themengebiet stellt die Publikation von Pritchard et al. (2021) dar. Im Zuge der Studie wurde eine passive Methode zur Entnahme von Flusskrebsen entwickelt: Die Pritchard-Trap. Die quadratisch-geformte Falle wird in das Flussbett eingelassen und mit dem vorhandenen Substrat befüllt, um als eine Art Versteckfalle zu dienen. Nach einem Mindesteinsatz von vier Tagen fingen diese Fallen überwiegend kleine und sehr kleine Flusskrebse. Vergleiche von Green et al. (2018) zwischen den Fängen von beköderten Reusen und künstlichen Versteckfallen („artificial refuge traps“) mit *Pacifastacus leniusculus* konnten die Selektivität von Reusen bestätigen und zugleich zeigen, dass Versteckfallen eine Alternative zur Erfassung von Flusskrebsen darstellen. Die Versteckfallen bestanden aus mehreren Röhren, welche an eine Metallplatte angebracht waren. Mit diesen künstlichen Verstecken konnten deutlich kleinere Individuen und deutlich mehr Weibchen gefangen werden, jedoch befindet sich diese Methode noch in der Entwicklungszeit.

3 Material und Methoden

In den folgenden Abschnitten werden die verwendeten Materialien beschrieben sowie damit verbundene Methoden eingehend erläutert. Die Schwerpunkte dieses Kapitels werden zum einen auf der Entwicklung und Durchführung der Reusenmodifikation und zum anderen auf den erfolgten Datenerhebungen liegen.

3.1 Auswahl des Untersuchungsgewässers

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden in enger Zusammenarbeit mit Harald Groß, Tammo Beerens und Samantha Quaas (Mitarbeitende des EKP NRW) zwei Standorte in die Vorauswahl genommen. Für die letztendliche Auswahl eines Standortes mussten einige Faktoren berücksichtigt werden: Priorität hatte natürlich ein tatsächliches Flusskrebsvorkommen. Daneben war es ebenso wichtig, dass der Untersuchungsraum zugänglich und von Osnabrück aus erreichbar ist. Da es sich bei beiden vorausgewählten Standorten um ein Edelkrebsvorkommen handelt, war eine enge Kooperation mit den zuständigen Behörden und Pachtenden notwendig. Aufgrund der ganzjährigen Schonzeit des Edelkrebses (*Astacus astacus*) in NRW (siehe Abschnitt 2.3.6) wurde für beide Standorte im Vorfeld ein Antrag auf Freistellung für die Zeit der Untersuchungen an die zuständige Behörde gerichtet (siehe digitaler Anhang). Als Untersuchungsgewässer für die vorliegende Arbeit wurde schließlich die Teichanlage auf dem Gelände des Bielefelder Golf Clubs festgelegt (siehe Abb. 17). Hier wurde im Jahr 2008 ein Besatz mit Edelkrebsen durchgeführt, wobei Unsicherheiten bezüglich der aktuellen Besiedlung bestanden (Garten 2023). Bei der Anlage handelt es sich um insgesamt drei Teiche (siehe Abschnitt 4.2). Im Vorfeld der Untersuchungen haben (Nacht-)Begehungen gezeigt, dass sich das Edelkrebsvorkommen auf das mittlere Gewässer (Teich 2) konzentriert. Aus diesem Grund stellt Teich 2 das Hauptuntersuchungsgewässer dar und die folgenden Abschnitte beziehen sich immer auf diesen, wenn nicht anders bezeichnet. Der obere Teich (Teich 1) wurde für die Untersuchungen ausgeschlossen, da aufgrund der chemisch-physikalischen Parameter (besonders die kalte Wassertemperatur von etwa 15 °C, siehe Geländeprotokoll im digitalen Anhang) ein Edelkrebsvorkommen sehr unwahrscheinlich ist. Dies haben auch Kontrollbereusungen von Tammo Beerens im Sommer 2023 gezeigt, welche ohne Fangerfolg waren (mdl. Mitteilung). Das untere Gewässer (Teich 3) wurde im Zuge der Untersuchungen ebenfalls bereust, da aufgrund einer geplanten Gewässererweiterung im November 2023 sowohl das Umweltamt Bielefeld als auch der Golf Club ein Interesse an einer Bestandsüberprüfung hatten. Es folgt demnach in jedem Kapitel ein gesonderter Abschnitt zu Teich 3.

3.2 Reusenmodifikation

Die in dieser Arbeit entwickelte Methode zur verbesserten Erfassung von Flusskrebsbeständen basiert auf wissenschaftlicher Literatur, in welcher die Größenselektivität von Reusen sowie die Beeinflussung dieser beschrieben wird (siehe Abschnitt 2.4.2). Neben eingehender Literaturrecherche haben intensive Gespräche mit Mitarbeitenden des Edelkrebsprojekts NRW stattgefunden, um diese fachliche Expertise miteinzubeziehen. Das ausgewählte Reusenmodell „Pirat“ stellt dabei ein viel genutztes und erprobtes Exemplar dar (Waldmann 2019; mdl. Mitteilung EKP NRW). Die Pirat-Reuse wurde in Skandinavien entwickelt und besteht aus braunem, elastischem Kunststoff. Auf diese Weise ist die Reuse stabil und im Gewässer gut getarnt. An der Unterseite befindet sich ein Gewicht zur Beschwerung, sodass die Reuse beim Einsatz im Gewässer immer passend liegt. Das Modell lässt sich mittig mithilfe eines Scharniers aufklappen. Am Verschluss befindet sich eine Vorrichtung für den Köder. Hier besteht die Möglichkeit, einen Köderkorb so anzubringen, dass dieser beim Verschließen der Reuse fixiert wird. Das Anbringen einer Ködernadel ist bei Bedarf ebenfalls möglich. Des Weiteren befinden sich am Verschluss zwei Ösen, um ein Befestigungsseil anzubinden (Engel-Netze GmbH & Co. KG 2023). Die Reusen weisen eine Länge von ca. 61 cm, eine Breite von ca. 32 cm und eine Höhe von ca. 25 cm auf. Die Maschenweite beträgt 4 cm x 1 cm. Die Reuse ist zweikehlig aufgebaut: Sie besitzt demnach zwei Eingänge, durch welche die Flusskrebse in Richtung Köder laufen können. Die zwei Kehllöffnungen reichen steil in die Reuse hinein, sodass die Krebse rasch hineinfallen. Die Kehllöffnungen sind sechseckig geformt, wobei zwei Seiten (innen und außen) deutlich länger sind (siehe Abb. 6). An der weitesten Stelle weisen die Kehllöffnungen eine Größe von 9 cm x 5 cm auf. Die unveränderte Pirat-Reuse (siehe Abb. 6 und Abb. 31 im Anhang) stellt die Referenzreuse in den durchgeführten Untersuchungen dar.

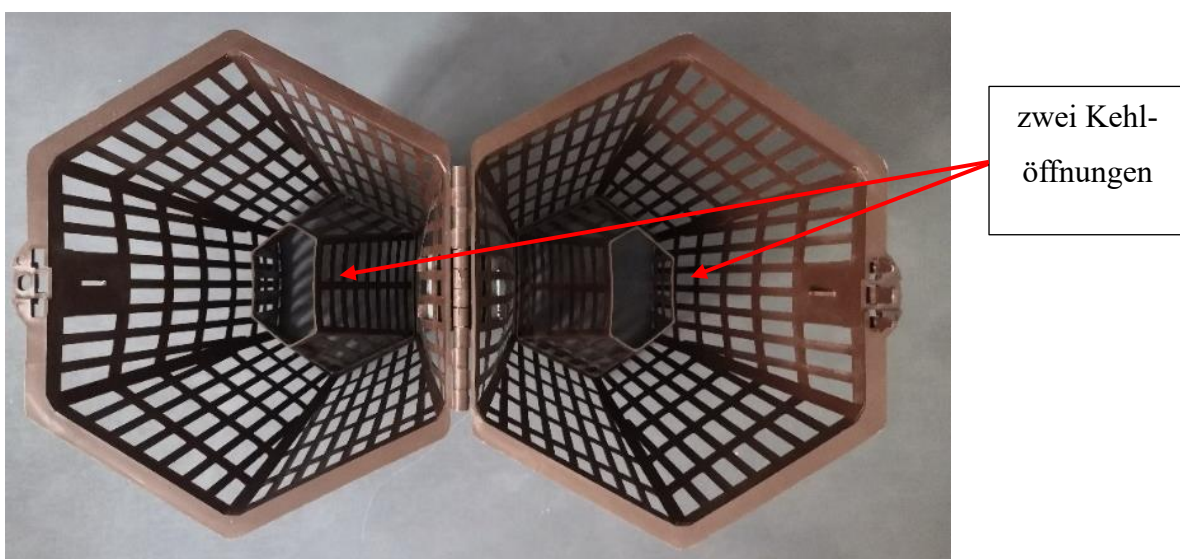


Abb. 6: Aufgeklappte Reuse "Pirat", Draufsicht (Freese 2023).

Für die Untersuchungen dieser Arbeit wurden insgesamt 24 Reusen verwendet, davon sind 16 Stück im Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 zum Einsatz gekommen. Die verbliebenen acht Reusen wurden in Teich 3 in Gebrauch genommen. Als Köder wurde Hundefutter der Marke „Frolic“ verwendet (siehe Abschnitt 2.4.2). Neben 22 originalen Köderkörbchen kamen zusätzlich zwei eigens entwickelte Köderbehältnisse aufgrund von Lieferverzögerungen zum Einsatz (Abb. 32 und Abb. 33 im Anhang). Hierfür wurden leere, mit Löchern versehene Kunststoffdosen umfunktioniert. Eine Anleitung ist dem digitalen Anhang zu entnehmen.

3.2.1 Entwicklung der Modifikationen

Zur Entwicklung der angewandten Methodik wurden im Vorfeld verschiedene Vorgehensweisen und Materialien experimentell erprobt. Hierbei stand neben der Wirksamkeit in Bezug auf die Beeinflussung der Selektivität auch die Praktikabilität im Mittelpunkt. Stets war das Ziel der Modifizierungen, die Kehlöffnungen der Reuse zu verkleinern bzw. deren Durchmesser zu verringern. Dieses Ziel stellt einige Ansprüche an das zu verwendende Material. So sollte dieses eine gewisse Robustheit sowohl im Gelände, als auch im Kontext eindringender Flusskrebse aufweisen. Es sollte außerdem wasserfest, kostengünstig, ungefährlich für Tiere und Gewässer, einfach zu installieren und bestenfalls ohne Rückstände zu entfernen sein. In der Entwicklungsphase wurden folgende Materialien getestet: Schwarze Teichfolie, Kaninchendraht und Kabelbinder. Schließlich wurde aufgrund der überwiegenden Vorteile Kabelbinder (KB) für die Modifizierungen ausgewählt. Es wurden durchgehend schwarze Kabelbinder mit den folgenden Maßen verwendet: 200 mm Länge und 4,8 mm Breite. Insgesamt wurden drei Modifizierungen entwickelt: M1, M2 und M3. Die Maße der Kehlöffnungen nach der Modifizierung sowie die genaue Anzahl der benötigten Kabelbinder sind der Tab. 2 zu entnehmen. Eine eigens erstellte Anleitung zur Durchführung für jede Modifizierung ist dem digitalen Anhang zu entnehmen und die Abb. 7 bis Abb. 10 zeigen die modifizierten Kehlöffnungen.

Tab. 2: Anzahl der benötigten Kabelbinder sowie die Maße der Kehlöffnungen der entwickelten Modifikationen.

Modifikation	Anzahl der Kabelbinder	Maße der Kehlöffnung nach der Modifizierung
R = Referenzreuse	/	unmodifiziert: ca. 9 cm x 5 cm
M1	6 KB (je 3 Stk. pro Kehlöffnung)	ca. 6,5 cm x 5 cm
M2	8 KB (je 4 Stk. pro Kehlöffnung)	ca. 5,5 cm x 5 cm
M3	10 KB (je 5 Stk. pro Kehlöffnung)	ca. 4,5 cm x 5 cm



Abb. 7: Unveränderte Kehllöpfung der Reuse "Pirat" (Freese 2023).



Abb. 9: Kehllöpfung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 2 (Freese 2023).



Abb. 8: Kehllöpfung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 1 (Freese 2023).



Abb. 10: Kehllöpfung der Reuse "Pirat" mit der Modifikation 3 (Freese 2023).

3.2.2 Anordnung der Reusen im Gewässer

Für die Untersuchungen wurden insgesamt 16 Reusen eingesetzt. Das Ziel war es, den gesamten Teich möglichst systematisch mit Reusen abzudecken und gleichzeitig Rücksicht auf die verschiedenen Lebensräume zu nehmen. Hierfür wurden im Vorfeld verschiedene Varianten entwickelt, wie die Reusen im Gewässer platziert werden können. Letztendlich wurde die folglich beschriebene Variante aufgrund überwiegender Vorteile angewandt. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit und Übersichtlichkeit wurden jeweils vier Reusen (jeweils einmal R, M1, M2, M3) zu einem Paket zusammengefasst. Ein Paket definiert sich dadurch, dass die zugehörigen Reusen in ähnlichen Habitaten liegen. Dabei sind die Reusen nicht physisch miteinander verbunden, sondern liegen in Abständen von 3 bis 4 m zueinander. Auf diese Weise wird der in Abschnitt 2.3.4 beschriebene Konkurrenzdruck minimiert und das gesamte Gewässer systematisch abgebildet werden (siehe Abb. 11). So können insgesamt 16 Standorte erfasst werden. Zu bedenken ist jedoch, dass bei dieser Variante die Umweltfaktoren nicht im Vordergrund stehen können. Um eine korrekte Zuordnung zu gewährleisten, wurden alle vier Reusen eines Pakets farblich markiert. Die Tab. 3 zeigt die Pakete einschließlich der Markierungen, Reusen und Habitattypen von Teich 2. Die Reusen wurden, soweit möglich, vom Ufer aus ins Gewässer eingebracht. Da dies nicht an allen Standorten möglich war, wurden einige Reusen mithilfe eines kleinen Ruderbootes vom Wasser aus eingesetzt.

Tab. 3: Auflistung der Pakete in Teich 2 mit der Zuordnung der Markierungen und Habitattypen.

Paket	Markierung	Reusen	Habitattyp
1	Weiß	R, M1, M2, M3	Ufer-/Flachwasserzone
2	Schwarz-reflektierend	R, M1, M2, M3	Dichter Röhrichtsaum (Rohrkolben)
3	Rot	R, M1, M2, M3	Strauch-/Gebüschzone
4	blau	R, M1, M2, M3	Kombinierte Strauch-/Gebüschzone mit Röhrichtanteilen



Abb. 11: Übersicht der Reusenverteilung in Teich 2 (Freese 2023).

3.3 Datenerhebung: Teich 2

Unter die Datenerhebung dieser Arbeit fallen die Durchführung des Krebsfanges sowie die Aufnahme gewässerkundlicher Parameter. Zur Gesamterfassung des Untersuchungsgewässers wurden Messkampagnen für ausgewählte chemisch-physikalische Parameter aufgenommen und zusätzlich an drei Tagen Nährstoffmessungen sowie einmalig eine Gesamthärtemessung durchgeführt. Der Vollständigkeit halber wurde Teich 1 einmalig hinsichtlich der chemisch-physikalischen Parameter, der Nährstoffe sowie der Gesamthärte beprobt.

3.3.1 Zeitlicher Ablauf

Die Datenerhebungen dieser Arbeit wurden täglich zwischen dem 24.07.2023 und 07.08.2023 durchgeführt. Am ersten Tag wurden die Reusen für den Einsatz im Gewässer vorbereitet, beködert und erst dann an den zuvor identifizierten Standorten eingesetzt. Zusätzlich wurden die Nährstoffmessungen durchgeführt sowie die chemisch-physikalischen Parameter aufgenommen. Der Ablauf aller weiteren Tage sah wie folgt aus: Zunächst wurden die chemisch-physikalischen Parameter aufgenommen und das dazugehörige Tagesprotokoll ausgefüllt. Anschließend wurde jede Reuse kontrolliert, der Fangerfolg sowie die relevanten Daten notiert (siehe Abschnitt 3.3.2), die Reuse neu beködert und wieder ins Gewässer zurückgelegt. Die ausgewählten Nährstoffe wurden zusätzlich am 29.07.2023 und am 07.08.2023 getestet. Somit wurde nicht nur punktuell gemessen, sondern eine Messreihe von insgesamt drei Tagen erstellt (Beginn, Mitte, Ende des Untersuchungszeitraums). Die Gesamthärtemessung wurde am letzten

Tag, den 07.08.2023, durchgeführt. Für die Aufnahme der Daten wurde im Vorfeld ein Zeitfenster von 10.00 Uhr bis 12.00 Uhr festgelegt. Im Laufe des Untersuchungszeitraumes konnte dieses jedoch nicht immer eingehalten werden, da sich die Witterung als sehr wechselhaft mit teils starken Schauern und Gewittern gestaltete (siehe Anhang 10 und 11).

3.3.2 Edelkrebsfang

Die zentrale Datenerhebung dieser Arbeit stellt der Krebsfang dar. Die Reusen wurden durchgehend während des bereits beschriebenen Untersuchungszeitraumes eingesetzt, womit eine Summe von 14 Reusennächten erreicht wurde. Der Zeitraum Juli/August eignet sich besonders gut für den Flusskrebsfang, da die Tiere zu dieser Zeit in der Regel weder Brutpflege noch Paarungsverhalten zeigen. Somit zeigen sowohl Weibchen als auch Männchen eine erhöhte Aktivität (z. B. durch die Suche nach Nahrung) was sich positiv auf die Bereusung auswirken kann. Eine Häutungsphase, besonders bei den Männchen, kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden (siehe Abschnitt 2.3.3). Für den Krebsfang wurden folgende Materialien im Gelände verwendet:

- Protokoll (zuvor erstellt, siehe Anhang);
- 16 Reusen des Modells „Pirat“; davon jeweils vier:
 - o Referenzreusen, M1-Reusen, M2-Reusen, M3-Reusen;
- 16 Köderkörbchen (davon zwei selbst erstellte);
- Köder (hier: Hundefutter der Marke Frolic);
- Abfallbehälter;
- robuste Seile (Markierung der Pakete und Fixierung im Gelände);
- Kunststoffeimer;
- Weißschale mit Messkala und ein
- Ruderboot.

Die Hebung der Reusen erfolgte hierbei immer in der gleichen Reihenfolge und folgte dabei der Bezifferung der Pakete (siehe Abb. 11). Innerhalb der Pakete wurde mit der Referenzreuse begonnen und anschließend wurden die Reusen M1 bis M3 gehoben (siehe Abb. 12). Schließlich wurden folgende Daten jedes gefangenen Edelkrebses notiert: Das Paket und die Modifizierung, das Geschlecht, die Größe (gemessen vom Rostrum bis zum Schwanzende) sowie ggfs. Besonderheiten (z. B. rechte Schere fehlend). Für den Krebsfang wurde im Vorfeld ein Protokoll (siehe Anhang) in Anlehnung an Quaas 2021 entwickelt, welches zusätzlich auf die angewendete Methodenmodifikation abgestimmt ist. Wichtig waren hier vor allem die längenspezifische Differenzierung sowie die Zuordnung zu den Paketen und Modifikationen. Die

Größenskala beginnt bei < 4 cm, verläuft in 0,5 cm-Schritten und endet bei > 16 cm. Die kleinste Größe wurde entsprechend ausgewählt, da die Maschenweite (4 cm x 1 cm) die Nachvollziehbarkeit der Daten limitiert. Denn ein Individuum, welches < 4 cm ist und mit der Reuse erfasst wird, kann demnach durch die Kehlöffnung oder durch die Maschen hineingelangt sein.



Abb. 12: Aufgeklappte Pirat-Reuse mit Fangerfolg (Freese 2023).

3.3.3 Chemisch-physikalische Parameter

Die Aufnahme der chemisch-physikalischen Parameter erfolgte täglich. Zusätzlich wurde das Datum, die Uhrzeit sowie die Witterung notiert. Zu den relevanten Parametern zählen die Wasser- und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$], der pH-Wert, die Sauerstoffsättigung [%] und der -gehalt [mg/l] sowie die elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{s/cm}$]. Hierfür wurden im Gelände folgende Materialien verwendet:

- Tagesprotokoll (zuvor erstellt),
- HQ40d Probe Series Field Kit von der Firma HACH LANGE; inklusive:
 - o HQd Field Case und weiteres Zubehör,
 - o HQ40d Portable Multimeter – Edition 6, 10/2017,
 - o 3 IntelliCAL Sonden:
 - pH-Sonde,
 - Sauerstoffsonde,
 - Leitfähigkeitssonde,
- Aqua dest. in einer Spritzflasche,
- Trockentücher und
- ein Thermometer.

Die Parameter pH-Wert, Sauerstoff und elektrische Leitfähigkeit wurden mit jeweils dafür vorgesehenen Sonden mithilfe des portablen HQ40d-Multimeters gemessen. Die Wassertemperatur wird hierbei bei jeder Messung miterfasst. Die chemisch-physikalischen Parameter stehen in dieser Arbeit zwar nicht im Vordergrund, jedoch stellen sie einen wichtigen Baustein in der Gesamtbetrachtung des ökologischen Zustands eines Gewässers dar. Die elektrische Leitfähigkeit gilt als Maß für die Gesamtheit der im Wasser gelösten Ionen, zum Beispiel Nährstoffe oder Schadstoffe. So kann beispielsweise eine erhöhte Leitfähigkeit ein Indiz für Verunreinigungen des Gewässers sein (UBA 2003: 43 f.). Da die Wassertemperatur nicht nur auf die Biologie der Flusskrebse einen enormen Einfluss hat, sondern nahezu alle Prozesse im Gewässer beeinflusst, stellt sie den wohl wichtigsten Parameter dar. Als Leitwert kann hier ein Temperaturbereich von 0 °C bis 25 °C herangezogen werden, wobei bezogen auf den Edelkrebs das Optimum im Sommer zwischen 16 °C und 24 °C liegt (siehe Abschnitt 2.3.3). So wirkt sich die Wassertemperatur beispielsweise auf die Löslichkeit von Gasen und Ionen aus, was wiederum einen Einfluss auf die Aktivität von Organismen hat. Im Kontext von Standgewässern (hier: Teich) ist der Wärmehaushalt des Gewässers besonders von der Sonneneinstrahlung, der Größe und der umgebenden Vegetation abhängig und im Jahresverlauf von Zirkulations- und Schichtungsphasen geprägt (Schwoerbel und Brendelberger 2022: 51 f.). Eng verbunden mit der Wassertemperatur sind die Sauerstoffverhältnisse in einem Gewässer, denn die Löslichkeit von Sauerstoff sinkt bei ansteigenden Temperaturen. Mithilfe des hier verwendeten Messgeräts wurde der Sauerstoffgehalt [mg/l] sowie die Sauerstoffsättigung [%] gemessen. Der optimale Sauerstoffgehalt eines Gewässers liegt bei 8 - 15 mg/l, wobei ein Gehalt von etwa 5 mg/l die untere Grenze für Flusskrebsvorkommen darstellt (siehe Abschnitt 2.3.2). Die Sauerstoffbilanz wird hierbei von sauerstoffverbrauchenden Prozessen, wie z. B. den Verbrauch durch aquatische Organismen, von sauerstoffliefernden Prozessen, wie z. B. die Photosynthese, und dem Nährstoffhaushalt beeinflusst und wirkt dabei limitierend auf die Lebensgemeinschaften (Schwoerbel und Brendelberger 2022: 143 f.). Der pH-Wert stellt einen weiteren gemessenen Parameter dar. Dieser spiegelt den Versauerungszustand eines Gewässers wider und ist zudem sehr relevant im Kontext von Flusskrebsvorkommen (siehe Abschnitt 2.3.2). Der pH-Wert kann zwischen 0 (= extrem sauer) und 14 (= extrem basisch) liegen, wobei in reinem Wasser ein neutraler pH-Wert von 7 gemessen wird, da sich in diesem Zustand die Wasserstoff- und Hydroxidionen in einem Gleichgewicht befinden. Beeinflusst wird der pH-Wert vor allem von der Wassertemperatur (Änderung der Ionen-Konzentration), dem Eintritt von Kohlensäure (z. B. aus der Luft oder dem Boden) oder beispielsweise dem Zufluss von Wasser. Als Leitwert für natürliche Gewässer kann ein pH-Wert zwischen 6,5 und 8,5 angesehen werden (Schwoerbel und Brendelberger 2022: 147 ff., Spektrum 2023b).

3.3.4 Nährstoffe und Gesamthärte

Zur weiteren Begutachtung des Untersuchungsgewässers und dessen Eignung als Lebensraum für Edelkrebse wurde für folgende Nährstoffe eine Messreihe erstellt: Ammonium (NH_4^+) [mg/l], Nitrit (NO_2^-) [mg/l], Nitrat (NO_3^-) [mg/l] und Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$) [mg/l]. Des Weiteren wurde die Gesamthärte [$^\circ\text{d}$] des Untersuchungsgewässers einmalig bestimmt, um mittels einer Umrechnungstabelle den Calciumcarbonatgehalt (CaCO_3) [mg/l] ermitteln zu können. Übermäßig hohe Nährstoffgehalte können auf Verunreinigungen des Gewässers, zum Beispiel durch Abwasser oder Düngemittel, hinweisen. Zudem kann durch eine Eutrophierung des Gewässers das Algen- und Makrophytenwachstum stark gefördert werden, was wiederum zu einem Sauerstoffmangel führen kann, wenn die Wasserpflanzen absterben und unter sauerstoffzehrenden Bedingungen durch Mikroorganismen abgebaut werden (UBA 2023a). Um die Nährstoffgehalte des Untersuchungsgewässers im weiteren Verlauf einschätzen zu können, werden (Grenz-)Werte aus der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV), der deutschen Grundwasserverordnung (GrwV) und der europäischen Nitratrichtlinie (EU-RL 91/676/EWG) zum Vergleich aufgeführt:

- Ammonium: Grenzwert nach TrinkwV und Schwellenwert nach GrwV: 0,5 mg/l (Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2023a);
- Nitrit: Grenzwert nach TrinkwV: 0,5 mg/l (Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2023b);
- Nitrat: Grenzwert nach europäischer Nitrat-RL, TrinkwV und GrwV: 50 mg/l (UBA 2023b).

Die oben aufgeführten Verbindungen können in einem Gewässer je nach Intensität durchaus eine Auswirkung auf Flusskrebse haben, wobei diese laut Bohl (1989: 139) von vielen Faktoren abhängig ist (z.B. pH-Wert, Größe der Tiere, Wassertemperatur). In seiner Arbeit listet Bohl (1989: 132, 140) Konzentrationswerte der oben aufgeführten Nährstoffe auf, welche jedoch keine Grenzwerte bilden, sondern Richtwerte für die grundsätzliche Eignung eines Lebensraums für Flusskrebse darstellen (siehe Tab. 4). Die Werte charakterisieren demnach die Gewässer, in denen Bohl (1989: 131) im Zuge seiner Arbeit intakte Edelkrebsbestände vorgefunden hat. Im Kontext eines Flusskrebsvorkommens ist außerdem ein ausreichender Kalkgehalt (Calciumcarbonat) im Gewässer notwendig, da es ansonsten zu Problemen beim Panzerbau kommen kann (siehe Abschnitt 2.3.3).

Tab. 4: Richtwerte der Edelkrebsgewässer hinsichtlich relevanter Parameter (verändert nach Bohl 1989: 132).

Parameter	Mittelwert [mg/l]	Minimum [mg/l]	Maximum [mg/l]
Ammonium	0,11	0,00	1,58
Nitrit	0,06	0,00	0,68
Nitrat	4,83	0,15	30,00
Phosphat	0,04	0,00	0,22
Calcium	72,15	10,40	138,00

Im Gelände wurden für die Beprobungen der Nährstoffe und der Gesamthärte folgende Materialien verwendet:

- Protokoll (zuvor erstellt);
- fünf Testbestecke der Firma MACHEREY-NAGEL:
 - *visocolor ECO* – Test 5-08: Ammonium 3; bestehend aus:
 - 30 ml NH₄-1,
 - 2,5 g NH₄-2,
 - 10 ml NH₄-3,
 - 1 Messlöffel 70 mm, 2 Messgläser mit Schraubverschluss, 1 Schiebekomparator, 1 Farbkarte, 1 Kunststoffspritze 5 ml, Gebrauchsanleitung;
 - *visocolor ECO* – Test 5-44: Nitrit; bestehend aus:
 - 30 ml NO₂-1,
 - 5 g NO₂-2,
 - 1 Messlöffel 70 mm, 2 Messgläser mit Schraubverschluss, 1 Schiebekomparator, 1 Farbkarte, 1 Kunststoffspritze 5 ml, Gebrauchsanweisung;
 - *visocolor ECO* – Test 5-41: Nitrat; bestehend aus:
 - 30 ml NO₃-1,
 - 5 g NO₃-2,
 - 1 Messlöffel 70 mm, 2 Messgläser mit Schraubverschluss, 1 Schiebekomparator, 1 Farbkarte, 1 Kunststoffspritze 5 ml, Gebrauchsanweisung;
 - *visocolor ECO* – Test 5-84: Phosphat; bestehend aus:
 - 25 ml PO₄-1,
 - 25 ml PO₄-2,
 - 1 Messlöffel 70 mm, 2 Messgläser mit Schraubverschluss, 1 Schiebekomparator, 1 Farbkarte, 1 Kunststoffspritze 5 ml, Gebrauchsanweisung;

- *visocolor ECO* – Test: Gesamthärte; bestehend aus:
 - 8 ml GH-1,
 - 2 x 30 ml GH-2,
 - 1 Probegefäß mit Ringmarkierung,
 - 1 Kunststoffspritze 5 ml,
 - Gebrauchsanweisung;
- Becherglas 200 ml,
- Abfallbehälter,
- Spritzflasche mit Leitungswasser und
- Trockentücher.

Es handelt sich bei den Testbestecken für Ammonium, Nitrit, Nitrat und Phosphat um visuelle Auswertungsverfahren, welche mit Hilfe einer Farbkarte abgeglichen werden. Diese kolorimetrischen Tests beruhen dabei auf der Bestimmung der jeweiligen Ionen im beprobten Gewässer. Bei dem Testbesteck für die Gesamthärte handelt es sich ebenfalls um ein visuelles Auswertungsverfahren, jedoch wird in diesem Kontext eine titrimetrische Bestimmung für das beprobte Gewässer durchgeführt. Die Tropfenmenge der zugegebenen Reagenzflüssigkeit bestimmt hierbei den Grad der Gesamthärte (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG 2023).

3.3.5 Aufnahme des Untersuchungsraums

Das Geländeprotokoll wurde auf Grundlage wissenschaftlicher Literatur entwickelt (vgl. UBA 2003; Dokulil et al. 2010, Schwoerbel und Brendelberger 2022, UBA und LAWA 2023, UBA 2010) und schließlich in Anlehnung an Quaas 2021 erstellt. Insgesamt wurde das Protokoll auf die Aufnahme eines Stillgewässers zugeschnitten und gibt einen Überblick über den aktuellen Zustand und sowie die hydromorphologische und biologische Ausstattung. Weitere Informationen zum Untersuchungsraum folgen in Kapitel 4. Die Geländeprotokolle für alle drei Teiche sind dem digitalen Anhang zu entnehmen. Zur erweiterten Aufnahme des Untersuchungsraumes wurden zusätzlich folgende Materialien verwendet:

- Eigens hergestellte Sichttiefen-Scheibe („Secchi-Scheibe“) (Anleitung siehe digitaler Anhang),
- Maßband-Rolle (50 m),
- Smartphone und Drohne (zur bildlichen Darstellung) und
- eine Transportbox.

3.4 Datenerhebung: Teich 3

In Abschnitt 3.1 wurde bereits beschrieben, dass Teich 3 aufgrund einer geplanten Gewässererweiterung im Zuge der Untersuchungen mitbedacht wurde. So wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum Bereusungen und Messkampagnen durchgeführt. Es wurden dabei keine anderen als die bereits beschriebenen Materialien und Methoden verwendet und auch der zeitliche Ablauf gleicht dem des Teichs 2 (siehe Abschnitt 3.3).

Die Bereusung folgte dabei dem gleichen, bereits beschriebenen, Prinzip (siehe Abschnitt 3.2) mit insgesamt zwei Paketen und damit acht Reusen (siehe Tab. 5). Die Abb. 13 zeigt die Reusenverteilung in Teich 3. Zudem wurden auch in Teich 3 täglich die chemisch-physikalischen Parameter aufgenommen sowie zusätzlich an drei Tagen die bereits beschriebenen Nährstoffe gemessen und einmalig die Gesamthärte bestimmt.

Tab. 5: Auflistung der Pakete in Teich 3 mit der Zuordnung der Markierungen und Habitattypen.

Paket	Markierung	Reusen	Habitattyp
5	camouflage	R, M1, M2, M3	Strauch-/Gebüschzone
6	schwarz	R, M1, M2, M3	Ufer-/Flachwasserzone

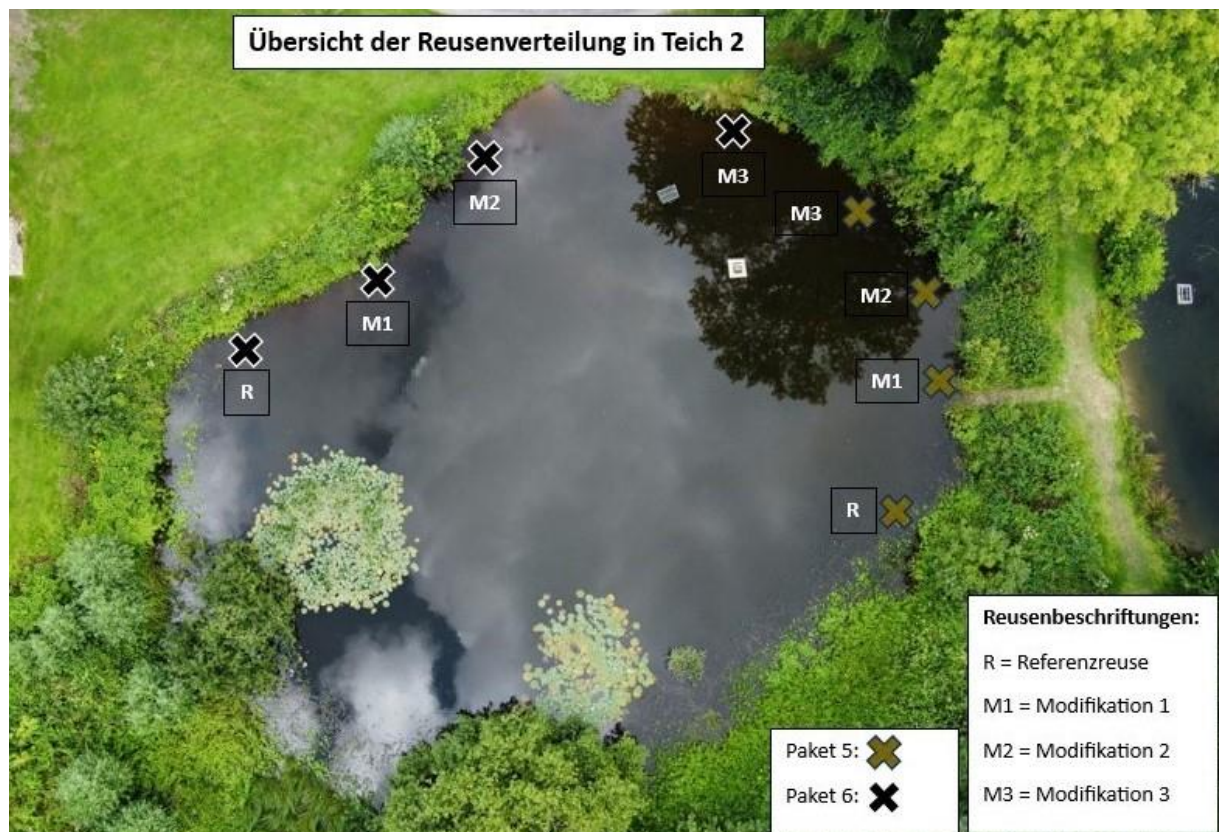


Abb. 13: Übersicht der Reusenverteilung in Teich 3 (Freese 2023).

4 Untersuchungsraum

Dieses Kapitel stellt den Untersuchungsraum der vorliegenden Arbeit vor. Hierbei wird zunächst auf den Naturraum eingegangen. Anschließend wird der Untersuchungsraum, die Teichanlage auf den Flächen des Bielefelder Golf Clubs, genauer beschrieben.

4.1 Naturraum

Die folgenden Abschnitte gehen auf die naturräumliche Zuordnung, das Klima, die Geologie und Böden sowie die Vegetation ein. Der Untersuchungsraum dieser Arbeit ist eingebettet in die nord-östlichen Hänge des Mittelgebirges „Teutoburger Wald“, welcher im Nord-Osten des Bundeslands Nordrhein-Westfalen liegt.

4.1.1 Naturräumliche Zuordnung

Deutschland lässt sich in fünf geomorphologische Zonen einteilen: Beginnend im Norden mit der Zone I „Nord-, Ostseeküste und Norddeutsches Tiefland“, über die Zone II „Mittelgebirgsschwelle“ und die Zone III „Süddeutsches Stufenland und Oberrheinisches Tiefland“ bis zu den südlichen Zonen IV „Alpenvorland“ und V „Deutsche Alpen“ (siehe Abb. 14) (Zöller 2017: 11 ff.). Die Einteilung eines Raumes in Zonen sowie die Zuordnung von Teilräumen zu einer Zone beruht dabei auf übergeordneten Geofaktoren (z. B. Geomorphologie, Geologie, Pedogenese, weitere ökologische Aspekte), wobei die Teilräume wiederum unterschiedlich charakterisiert sein können (Böse et al. 2018: 3). NRW lässt sich den geomorphologischen Zonen I und II zuordnen und zugleich in vier größere Naturräume einteilen: Rheinisches Schiefergebirge, Weser- und Osnabrücker Bergland, Westfälische Bucht und Niederrhein. Teilweise existieren auch andere Bezeichnungen für diese Naturräume, so wird das Weser- und Osnabrücker Bergland auch als Oberes und Unteres Weserbergland bezeichnet. Der Niederrhein lässt sich weiter in Niederrheinische Bucht und Niederrheinisches Tiefland unterteilen und zählt zusammen mit der Westfälischen Bucht zu der Zone I „Norddeutsches Tiefland“ und ist der atlantischen biogeografischen Region Deutschlands zuzuordnen (siehe Abb. 14 und Anhang 3: Einheiten D34 und D35) (BfN 2011). Die Mittelgebirgsregion NRWs (Zone II) setzt sich aus dem Rheinischen Schiefergebirge (bestehend aus Sauerland, Siegerland, Bergischem Land und nördliche Eifel) und dem Weser- und Osnabrücker Bergland (bestehend aus Wiehen-, Weser-, Eggegebirge und Teutoburger Wald) zusammen und gehört der kontinentalen biogeografischen Region Deutschlands an (siehe Abb. 14 und Anhang 3: Einheiten D36 und D38) (BfN 2011; Geologischer Dienst NRW 2022: 10 ff.).

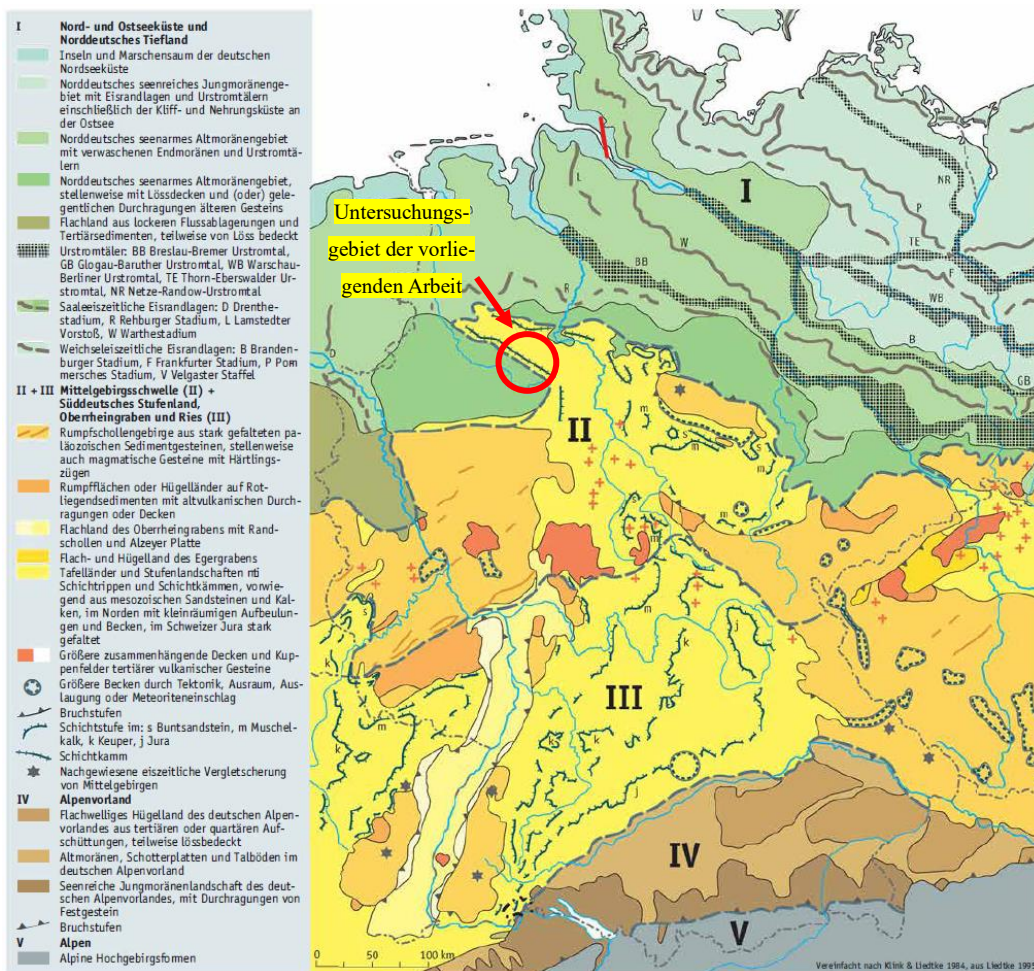


Abb. 14: Geomorphologische Zonen und Oberflächenformen Deutschlands (Zöller 2017: 12, ergänzt).

Der Teutoburger Wald bildet hierbei zusammen mit dem Eggegebirge die natürliche Grenze zur südwestlich liegenden Westfälischen Bucht. Die Stadt Bielefeld markiert hier etwa den Bereich des Mittleren Teutoburger Waldes (GD NRW 2003). Der Untersuchungsraum lässt sich der naturräumlichen Einheit „Bielefelder Osning“ (Einheit 4. Ordnung: Nr. 530.) zuordnen. Dieser untergliedert sich in weitere Teilräume, wovon das „Kirchdornberger Hügel- und Bergland“ (Einheit 6. Ordnung: Nr. 530.00.) und der „Haller Osning“ (Einheit 6. Ordnung: Nr. 530.10.) für diese Arbeit relevant sind (Bundesanstalt für Länderkunde 1959: 24 f.), da der Untersuchungsraum im Grenzbereich dieser beiden Einheiten zu verordnen ist.

4.1.2 Klima

Aufgrund der geographischen Lage wird das Klima im Untersuchungsraum der Klimazone „feuchte Mittelbreiten“ zugeordnet (Zöller 2017: 167). Das Klima von NRW kann grundsätzlich als warm und gemäßigt bezeichnet werden. So konnte für das Jahr 2022 eine mittlere Jahreslufttemperatur von 11,2 °C verzeichnet werden. Der Mittelwert der letzten Klimanormalperiode von 1991 bis 2020 betrug 10 °C. Die Niederschläge lassen sich als variabel beschreiben und zeigen deutliche Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren. Im Jahr 2022 hingegen

betrug die durchschnittliche Niederschlagssumme 716 mm. Für die letzte Klimanormalperiode (1991 - 2020) wurde durchschnittlich 870 mm gemessen (LANUV NRW 2023b, 2023c). Regional betrachtet gibt es deutliche Abweichungen von den Durchschnittswerten NRWs, welche auf die Kontinentalität (siehe Anhang 3), das Relief sowie den Einfluss von Ballungszentren zurückzuführen sind. So wird das Klima in den Naturräumen (siehe Abschnitt 4.1.1) der Westfälischen Bucht und des Niederrheins vom Meer geprägt und unterliegt somit einem ozeanischen Einfluss (atlantische biogeografische Region) (BfN 2011). Die Mittelgebirgsregionen NRWs dagegen, so auch das Untersuchungsgebiet, weisen ein kontinental geprägtes Klima auf und zeigen einen deutlichen Einfluss des Reliefs (siehe Anhang 3) (kontinentale biogeografische Region) (BfN 2011). Für die Stadt Bielefeld, in welcher das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit liegt, wurden im Jahr 2020 eine jährliche Durchschnittstemperatur von 10,9 °C und ein mittlerer Jahresniederschlag von 810,5 mm an der Wetterstation Bielefeld-Deppendorf verzeichnet (Stadt Bielefeld 2021). Das Klimadiagramm der Stadt Bielefeld (siehe Abb. 15), bezieht sich auf den Zeitraum von 1991 - 2021 und zeigt ein humides Klima. Die jährliche Durchschnittstemperatur betrug in diesem Zeitraum 10,1 °C und der mittlere Jahresniederschlag 886 mm (Climate-Data 2023).

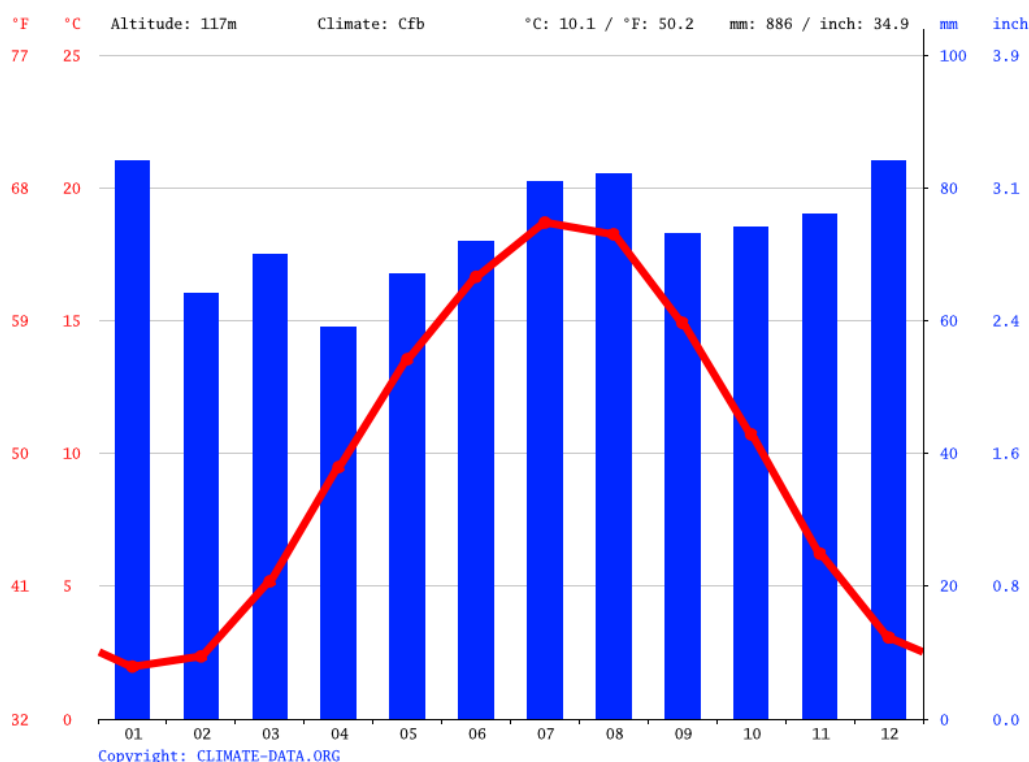


Abb. 15: Klimadiagramm der Stadt Bielefeld für den Zeitraum 1991 - 2021 (Climate-Data 2023: o. S.).

4.1.3 Geologie und Böden

Die Geologie des Landes NRW ist komplex und weist mehr als 500 Millionen Jahre Erdgeschichte auf. So vielfältig wie die Geologie ist demnach auch die Bodenvielfalt, welche heute eine wichtige Lebensgrundlage darstellt (GD NRW 2022). Die geologische Übersichtskarte (siehe Abb. 16) zeigt den Großteil des Weser- und Osnabrücker Berglandes sowie einen Teil der Westfälischen Bucht und des Rheinischen Schiefergebirges. Die Gesteine des Weser- und Osnabrücker Berglands entstammen zu einem Großteil dem Mesozoikum und nur vereinzelt finden sich quartäre Ablagerungen. Das Erdmittelalter war durch wechselnde marine Überflutungs- und Festlandsbedingungen sowie durch ein zumeist feucht-heißes Klima geprägt, sodass es im Bereich des heutigen Weser- und Osnabrücker Berglands immer wieder zu Ablagerungen von Sand und (Muschel-)Kalk kam. Diese Ablagerungen sind heute zu Sand- und Kalkstein verfestigt. Im Zuge der alpidischen Orogenese mit ihrem Höhepunkt am Ende der Kreide-Zeit, bedingten tektonische Störungen Hebungen, Schollenverschiebungen und -schrägstellungen im heutigen Weser- und Osnabrücker Bergland. So ist das heute vielfältige Relief aus verschiedenen alten und harten Gesteinen mit langen schmalen Bergrücken in dieser Region entstanden. Diese unterschiedlichen Materialeigenschaften bedingen vielfältige Verwitterungs- und Erosionsprozesse, sodass es zur Entstehung von Schichttafeln-, -stufen oder -kämmen kommt. Die quartären Ablagerungen bestehen aus feinem Löss, welcher im Zuge der Vereisungsphasen im Quartär durch äolische Sedimentation in den Senken abgelagert wurde. Gut ersichtlich in Abb. 16 ist das Mittelgebirge Teutoburger Wald, welches von Nordwest nach Südost verläuft. Für den Teutoburger Wald ist die sogenannte Osning-Überschiebung, ebenfalls am Ende der Kreide-Zeit, das zentrale Entstehungsereignis, denn hierdurch wurden die Gesteinsschichten verbogen und geneigt. Hierdurch sind die heute markanten Schichtkämme des Mittelgebirges entstanden (siehe Abb. 14) (GD NRW 2003; Meschede 2018; Böse et al. 2018; LWL 2019; GD NRW 2022). Der Schichtkamm im Bereich des „Haller Osning“ (siehe Abschnitt 4.1.1) besteht aus kreidezeitlichem Sandstein, wobei diesem südlich einige Kuppen und schmalere Rücken aus Kalken vorgelagert sind. Im Südwesten befindet sich zudem eine Mulde, welche zum Teil mit quartären Ablagerungen (Löss und Sand) bedeckt ist. Das „Kirchdornberger Hügel- und Bergland“ ist dem Teutoburger Wald vorgelagert und besteht vorwiegend aus Muschelkalk. Stellenweise finden sich immer wieder lössbedeckte Mulden (Bundesanstalt für Länderkunde 1959: 24 f.). Diese quartären Ablagerungen sind auch im Bereich des Golfplatzes zu finden. Hier besteht die Gesteinsausbildung aus Schluff und Ton, stellenweise durch eine Überlagerung von gering mächtigen Kies- und Sand-Schichten charakterisiert (GD NRW 2014).

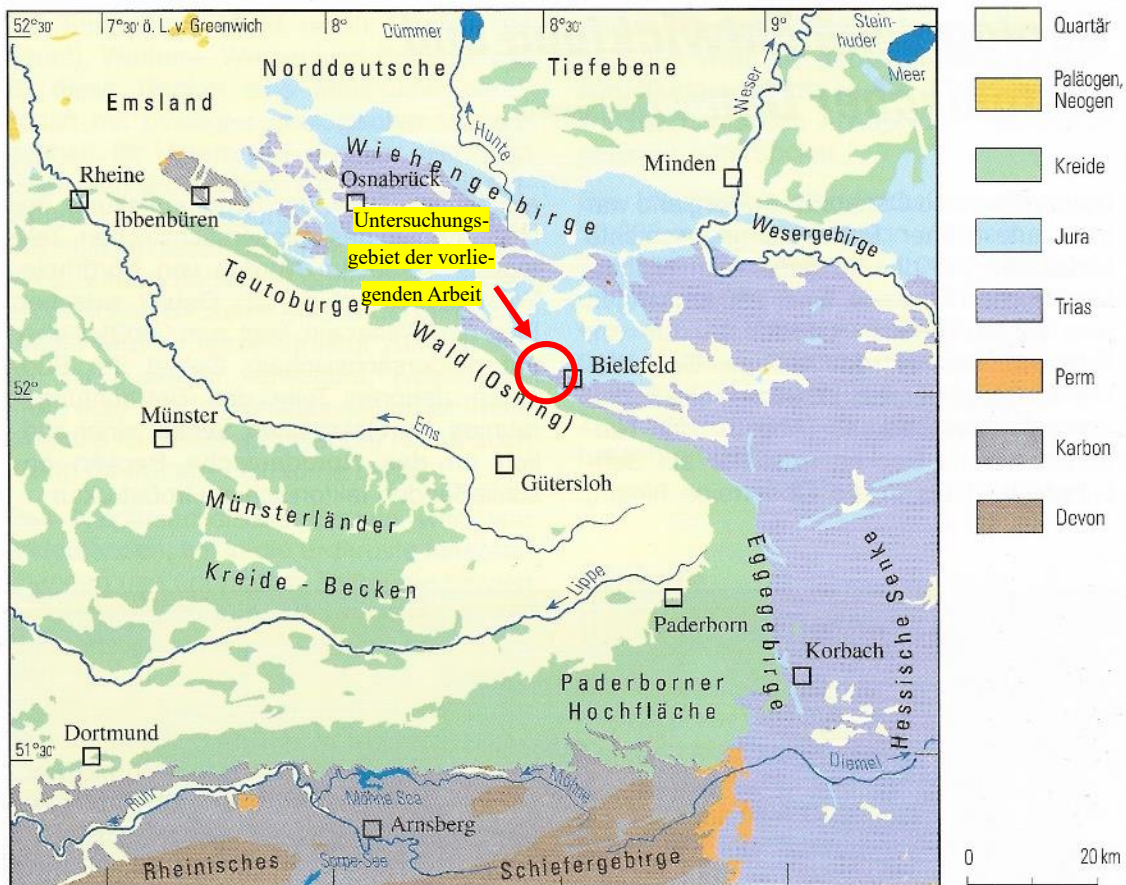


Abb. 16: Geologische Übersicht (GD NRW 2003: 15, ergänzt).

Aufgrund der geologischen Bedingungen finden sich im Weser- und Osnabrücker Bergland, zumindest in den Mittelgebirgen, überwiegend weniger mächtige Böden. Im Flachland konnten sich teils mächtige kaltzeitliche, sandgeprägte Böden entwickeln. Die Berglagen des Teutoburger Waldes sind durch folgende Bodentypen geprägt: Rendzinen, Braunerden und Podsole. Die wenig entwickelten Rendzinen entstehen aus Kalkstein oder Lockergestein und konnten sich besonders in den entsprechenden Kammlagen entwickeln. Sie weisen in der Regel einen steinreichen Oberboden auf, gefolgt von einem meist wenig verwitterten karbonatreichem Ausgangsgestein. Braunerden stellen einen weiteren, weit verbreiteten Bodentyp in den Regionen des Teutoburger Waldes, besonders im „Kirchdornberger Hügel- und Bergland (siehe Abschnitt 4.1.1) dar. So dominieren diese heute in Gebieten, die während der Kaltzeiten eisfrei waren. Es konnte sich ein humoser, recht fruchtbarer Oberboden über einem verbräunten Unterboden bilden. Diese Standorte sind heute meist ackerbaulich genutzt. Den dritten dominierenden Bodentyp bilden die Podsole aus Flugsand auf der südwestlichen Seite des Teutoburger Waldes. Sie sind durch ein geringes Speichervermögen von Nährstoffen und Wasser sowie durch eine starke Versauerung charakterisiert (Bundesanstalt für Länderkunde 1959; GD NRW 2003; GD NRW 2022). Diese Bodentypen stellen nur eine Auswahl dar und schließen andere, kleinräumig auftretende Bodentypen keinesfalls aus.

4.1.4 Vegetation

Die zuvor beschriebene geologische Ausstattung im Weser- und Osnabrücker Bergland bedingt die Bodentypen, die sich dort entwickeln konnten. Diese wiederum sind die Grundlage für bestimmte Vegetationsgesellschaften. Die Vegetation, welche an einem Standort ohne den Einfluss des Menschen und dessen Landnutzung vorherrschen würde, wird „potenzielle natürliche Vegetation“ (PNV) genannt (Kowarik 1987: 53 f.; LWL 2015). Dieses Konzept wurde weiterentwickelt, da sich aufgrund der nachhaltigen Einflussnahme des Menschen auf die Standortbedingungen eine „ursprüngliche“ Vegetation gegebenenfalls nicht mehr einstellen könnte. So erweitert Kowarik (1987: 64) die Definition und beschreibt die „heutige PNV“ (hpnV) als eine theoretische höchstentwickelte Vegetation, die den gegenwärtigen Standortbedingungen entspricht und somit die starke Einflussnahme durch den Menschen in ihrer Konstruktion berücksichtigt. Dennoch würden sich die meisten offenen Flächen Deutschlands im Verlauf der Zeit zu Waldlandschaften entwickeln, wenn die Nutzung durch den Menschen nicht mehr gegeben wäre. Diese Waldlandschaften wären unterschiedlich charakterisiert und durch die jeweils vorherrschenden biotischen und abiotischen Bedingungen geprägt (Bohn und Weiß 2003: 84). Als hpnV werden für das Weser- und Osnabrücker Bergland vor allem Buchen- und Buchenmischwälder angegeben, genauer laut Bohn und Weiß (2003: 85) „kollin-submontane Waldmeister- und Waldgersten-Buchenwälder“. Eine detailliertere Ansicht der PNV für Westfalen bietet der LWL (2015: o. S.), in welcher die Höhen des Teutoburger Waldes gut ersichtlich sind. So wird hier für die nördlichen und teils südlichen Hänge ein Waldmeister-Buchenwald und für die Kämme ein Hainsimsen-Buchenwald angegeben. Laut Bundesanstalt für Länderkunde (1959: 25 f.) trug der Sandstein-Schichtkamm des „Haller Osning“ besonders an seinem Nordhang bodensaure Buchenwälder und ansonsten Buchen-Traubeneichenwälder.

Der Teutoburger Wald stellt heute, wie ein überwiegender Teil der Flächen in Deutschland, eine Kulturlandschaft mit jahrhundertealter Nutzungsgeschichte dar. So finden sich heute Nadelwald-Anpflanzungen, Niederwälder und Hallen-Buchenwälder. Alle drei Waldformen sind auf jeweilige Waldbewirtschaftungsformen zurückzuführen (IG Teutoburger Wald e. V. 2012; LWL 2015). So ist heute auch der Kamm des „Haller Osning“ mit künstlichen Nadelforsten (besonders Kiefern) bedeckt. Die in Abschnitt 4.1.3 erwähnten vorgelagerten Kalkkuppen sind zumeist mit, standortabhängig kalk- oder wärmeliebenden, Laubbäumen bewaldet. Die höheren Lagen des „Kirchdornberger Hügel- und Berglands“ (siehe Abschnitt 4.1.3) sind zumeist mit Primel-Eichen-Hainbuchenwäldern bedeckt und die Mulden dieser Region sind heute überwiegend in ackerbaulicher Nutzung (Bundesanstalt für Länderkunde 1959: 24 ff.).

4.2 Untersucher Standort

Das Gewässer, in welchem die Untersuchungen dieser Arbeit stattgefunden haben, gehört zu einer Teichanlage auf den Flächen des Bielefelder Golf Clubs. Der Betrieb liegt im Bielefelder Stadtteil Dornberg und grenzt an die nord-östlichen Hänge des Teutoburger Waldes. Im Hinblick auf das Edelkrebsvorkommen sind die isolierte Lage, die private Nutzung und das naturschutzfachliche Interesse des Golfclubs von herausragender Bedeutung. Die Teichanlage wurde ursprünglich zur Fischzucht angelegt und bestand aus insgesamt vier Teichen. Im Jahr 2008 wurden die obersten beiden Teiche zusammengelegt, sodass die Anlage heute aus drei Teichen besteht (siehe Abb. 17). Außerdem wurde im selben Jahr ein Besatz mit Edelkrebsen (*Astacus astacus*) durchgeführt. Woher die Edelkrebse stammen, ist jedoch nicht mehr bekannt. Der Umbau der Anlage erfolgte für die Nutzungszwecke des Golf Clubs, denn zur Bewässerung der Rasenflächen wird seitdem aus dem unteren Teich (Teich 3) mithilfe einer Pumpanlage Wasser entnommen. Die oberen zwei Teiche (Teich 1 und 2) unterliegen keiner primären Nutzung (Garten 2023). Oberhalb der Teiche befinden sich drei Quellen, welche zur Speisung der Teiche dienen. Dabei speist eine Quelle Teich 1 und 2 und zwei weitere Quellen speisen den Teich 3. Alle Teiche verfügen über einen Überlauf und sind auf diese Weise jeweils mit dem folgenden Gewässer verbunden. Die Teiche liegen am Nebengewässer 11.15.03.01 des Scheidebachs und fließen durch ein Siek in diesen ab (Umweltamt Stadt Bielefeld 2023). Der Scheidebach mündet in den Twellbach, welcher wiederum in den Johannisbach fließt. Der Johannisbach, ein Fließgewässer 4. Ordnung, entwässert über die Werre in die Weser. Somit kann das Gewässersystem im Untersuchungsraum dem Gewässereinzugsgebiet der Weser zugeordnet werden (LWL 2017; Umweltamt Stadt Bielefeld 2023). Zwei Übersichtskarten (Abb. 35 und Abb. 36) befinden sich im Anhang. Die Teichanlage unterliegt regelmäßigen Unterhaltungsmaßnahmen wie dem Freischneiden der Uferländer oder notwendige Baumfällungen. Wie bereits in Abschnitt 3.1 erwähnt, ist für den Teich 3 eine Gewässererweiterung im November 2023 geplant und wird voraussichtlich planmäßig durchgeführt werden. Die Erweiterung ermöglicht eine vergrößerte Wasserspeicherkapazität, um auch zukünftig eine ausreichende Bewässerung des Golfplatzes sicherstellen zu können (Garten 2023).

Die Teichanlage zeichnet sich durch eine isolierte und geschützte Randlage aus. Die einseitig angrenzende Golfbahn liegt etwas abseits der anderen Bahnen und weist daher eine weniger frequentierte Nutzung auf. Zudem trennt die Teiche zumeist eine dichte Ufervegetation sowie eine Reihe hochgewachsener Laubbäume von der Rasenfläche (besonders Teich 1 und 2). Auf der gegenüberliegenden Seite steigen die Hänge des Teutoburger Waldes auf (siehe Abb. 18 und Abb. 37). Die Teichanlage liegt außerdem im Natur- und UNESCO Global Geopark

TERRA.vita und im Landschaftsschutzgebiet „Bielefelder Osning“. Zudem befinden sich in unmittelbarer Umgebung weitere Schutzgebiete, zum Beispiel das FFH-Gebiet „Östlicher Teutoburger Wald“ sowie das Naturschutzgebiet „Krebsbach- und Horstbachtal“. Dem Namen nach könnte es bereits in der Vergangenheit ein Flusskrebsvorkommen in dieser Region gegeben haben, dieses ist jedoch aktuell nicht im Schutzzweck des Naturschutzgebiets verankert. Zudem ist der südwestliche Bereich des dritten Teiches als geschütztes Biotop nach § 30 BNatSchG ausgewiesen (Stadt Bielefeld 2023a, 2023b; Umweltamt Stadt Bielefeld 2023). Die Teichanlage ist demnach in einen hochwertigen, naturnahen sowie schützenswerten Lebensraumkomplex eingebettet. Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über den Untersuchungsraum.



Abb. 17: Die Teichanlage in Draufsicht, von rechts nach links: Teich 1, Teich 2, Teich 3 (Freese 2023).



Abb. 18: Die Teichanlage und ein Großteil der angrenzenden Bahn (Freese 2023).

4.2.1 Teich 2

Dieses Stillgewässer stellt als mittleres von insgesamt drei Teichen das Hauptuntersuchungsgewässer dar. Im Folgenden wird das Gewässer mithilfe bekannter Daten des Umweltamts der Stadt Bielefeld beschrieben und um eigene Angaben aus dem Geländeprotokoll (siehe Abschnitt 3.3.5 und digitaler Anhang) ergänzt.

Die Gesamtform des Teiches lässt sich als länglich mit zwei etwas kürzeren, gegenüberliegenden Ufern beschreiben. Mit Ausnahme des Überlaufs befinden sich keine baulichen Anlagen oder technogene Veränderungen im Gewässer. Die Sichttiefe liegt in der Mitte des Teiches bei ca. 1,83 m. Im Bereich des Überlaufs wurde eine Gesamttiefe von ca. 2,50 m gemessen. Die Außenmaße betragen ca. 26 m x 39 m, womit der Teich eine Wasserfläche von etwas mehr als 1000 m² aufweist. Laut Umweltamt der Stadt Bielefeld (2023) beträgt das Speichervolumen 840 m³. Die Trübung war während des Untersuchungszeitraumes schwach und erlaubte zumeist eine Sichttiefe bis zum Grund. Nach Unwettern und Regenfällen trat eine mäßige bis starke Trübung auf (siehe Abb. 39 im Anhang). Eine naturnahe Ufervegetation ist durchgehend vorhanden, wobei drei Ufer mit dichtem Bewuchs (Röhricht einseitig, Gebüsch-/Strauchbewuchs zweiseitig) und ein Ufer mit lichtigem bis lückigem Bewuchs bestanden sind (siehe Abb. 19). Es sind sowohl submerse als auch emerse Makrophyten mit einer teppichartigen Ausbreitung vorhanden. Auf die Gesamtfläche in Bezug auf die Mikrohabitate machten sie ca. 40 % aus. Zudem konnten folgende Fischarten gesichtet werden: Rotfeder und Hecht. Der Gewässerboden, soweit sichtbar, zeichnet sich durch ein lehmig-toniges Substrat aus.



Abb. 19: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 (Freese 2023).

4.2.2 Teich 3

Dieses Stillgewässer stellt den unteren Teich der Anlage dar und wird nun durch bekannte Daten des Umweltamts der Stadt Bielefeld beschrieben und mithilfe eigener Angaben aus dem Geländeprotokoll ergänzt (siehe Abschnitte 3.3.5, 3.4 und digitaler Anhang).

Teich 3 zeigt eine rundliche Gesamterscheinung ohne bauliche Strukturen (Ausnahme: Überlauf) (siehe Abb. 20). Die Außenmaße betragen ca. 32 m x 42 m, womit der Teich eine Fläche von ca. 1350 m² hat. Laut Umweltamt der Stadt Bielefeld (2023) weist dieser Teich ein Speichervolumen von 2086 m³ auf. Teich 3 zeigte durchgehend eine mäßige bis starke Trübung, zunehmend nach Unwettern, auf, sodass die Sichttiefe ca. 0,52 m betrug. Die Gesamttiefe wurde mittig auf ca. 3,10 m bemessen. Die Ufervegetation gestaltet sich unterschiedlich und bewegt sich zwischen dichtem Bewuchs mit Gebüsch- und Strauchvegetation und lichtem Bewuchs mit auslaufenden flacheren Ufern. Außerdem sind zwei polsterartige Ausbreitungen emerser Makrophyten vorhanden. Auch eine vielfältige Fischfauna konnte gesichtet werden (Rotfeder, Hecht, Karpfen, Barsch). Bei einer im Oktober 2023 durchgeführten Elektrotestbefischung konnten zusätzlich Brachsen und Plötzen nachgewiesen werden (Späh 2023).



Abb. 20: Untersuchungsgewässer Teich 3 (Freese 2023).

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Datenerhebungen dargestellt. Dies wird mithilfe von Diagrammen und Tabellen verwirklicht, welche auf Grundlage der gewonnenen Datensätze erstellt wurden. Alle Ergebnisse sind zudem im Anhang 7, 10 und 11 zu finden.

5.1 Teich 2

Zunächst werden die Ergebnisse der Bereusung in Teich 2 aufgezeigt, welche mithilfe der aufgeführten Materialien und unter Anwendung der in dieser Arbeit entwickelten Modifizierungen entstanden sind. Anschließend werden die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parameter, der Nährstoffe sowie die der Gesamthärte für dieses Gewässer beschrieben.

5.1.1 Edelkrebsfang: Gesamtfangerfolg

Insgesamt wurden im Untersuchungsgewässer in allen Reusen 323 Fänge von Edelkrebsen (*Astacus astacus*) verzeichnet. Dabei handelt es sich bei 225 Fängen um Männchen und bei 98 Fängen um Weibchen. Dies entspricht einem Geschlechterverhältnis von ca. 70 % Männchen und ca. 30 % Weibchen. In Abb. 21 wird eine stetige Abnahme der Fangmenge, besonders der Männchen, deutlich. Der Fangerfolg der Weibchen zeigt einen glockenartigen Verlauf.

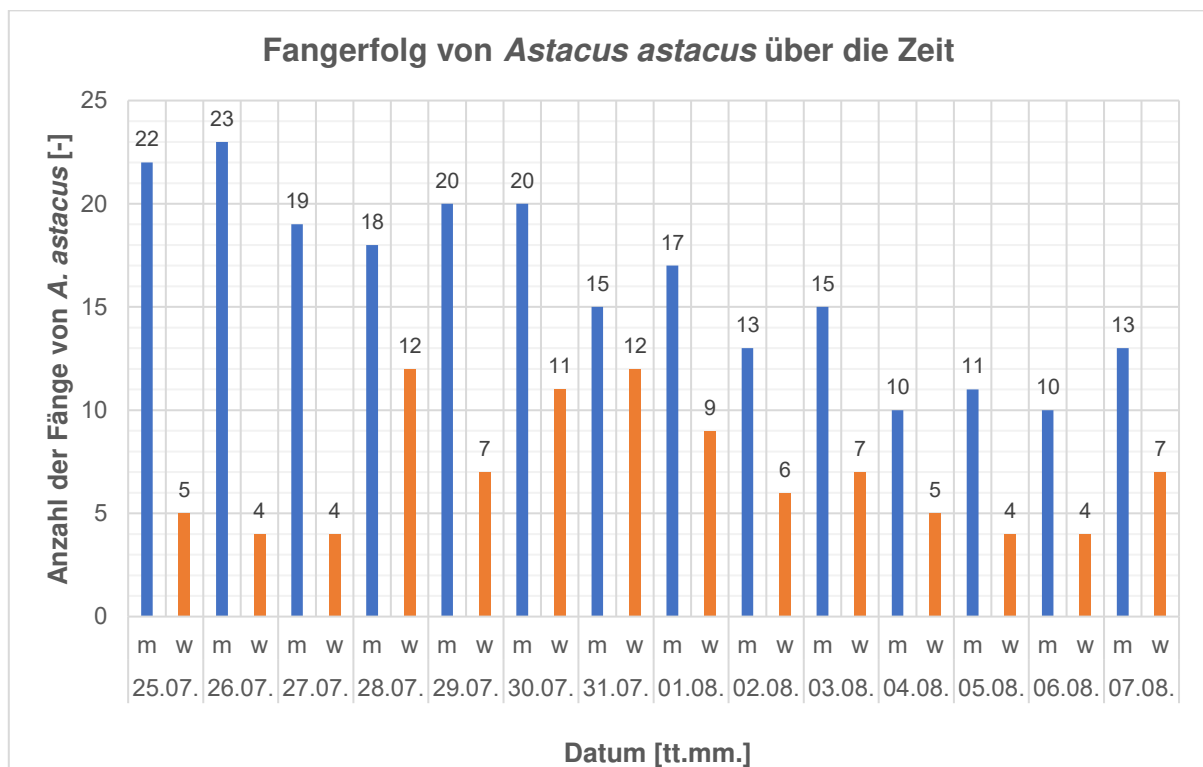


Abb. 21: Gesamtfangerfolg über die Zeit.

Um den Fangerfolg standortbezogen darzustellen, wurden für diese Auswertung jeweils alle Edelkrebsfänge aus allen vier Reusen eines Pakets (siehe Abschnitt 3.2) zusammengefasst. So können die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Habitattypen betrachtet werden, welche der Tab. 6 zu entnehmen. Zusätzlich wurden Diagramme zur graphischen Veranschaulichung erstellt, welche im Anhang zu finden sind (siehe Abb. 40 bis Abb. 43). Die Tab. 6 zeigt außerdem die einzelnen Fangzahlen, die Geschlechteraufteilung sowie weitere Besonderheiten im Kontext der standortbezogenen Ergebnisse. Die Fängigkeit der Pakete zeigt sich sehr unterschiedlich und kann als deutlich absteigend von Paket 1 (106 Fänge) bis zu Paket 4 (64 Fänge) beschrieben werden. Das Geschlechterverhältnis ist in Paket 1, 3 und 4 ähnlich und entspricht mit minimalen Abweichungen dem des Gesamtfanges von rund 70% Männchen gegenüber rund 30 % Weibchen. Auffällig ist das Geschlechterverhältnis in Paket 2, hier ist eine geringe Abweichung zugunsten der Weibchen zu sehen. Zudem fällt auf, dass innerhalb des Pakets 3 an insgesamt fünf Tagen nur Männchen gefangen wurden. In Paket 1 und 4 wurden jeweils an drei Tagen nur männliche Fänge verzeichnet. Eine Besonderheit stellt der 04.08.2023 dar, dann an diesem Tag wurden in den Reusen aus Paket 4 ausnahmslos Weibchen gefangen (siehe Abb. 43 im Anhang).

Tab. 6: Ergebnisse des Gesamtfangerfolgs von *Astacus astacus* – standortbezogen.

Paket	Habitattyp	Gesamtfangzahl	Männchen	Weibchen	Besonderheiten
1 (weiß)	Ufer- / Flachwasserzone	106 Fänge	78 Fänge / ca. 74 %	28 Fänge / ca. 26 %	nur männliche Fänge an drei Tagen
2 (schwarz-reflektierend)	Dichter Röhrichsaum (Rohrkolben)	82 Fänge	51 Fänge / ca. 62 %	31 Fänge / ca. 38 %	vom Gesamtfang abweichendes Geschlechterverhältnis zugunsten der Weibchen
3 (rot)	Strauch- / Gebüschzone	71 Fänge	51 Fänge / ca. 72 %	20 Fänge / ca. 28 %	nur männliche Fänge an fünf Tagen
4 (blau)	kombinierte Strauch- / Gebüschzone mit Röhrichanteilen	64 Fänge	45 Fänge / ca. 70 %	19 Fänge / ca. 30 %	nur männliche Fänge an drei Tagen

Es folgen nun die modifikationsbezogenen Ergebnisse der Bereusung: Hierfür wurden alle Fänge eines Modifikationstypen (= vier Reusen, jeweils aus jedem Paket) zusammengefasst und dargestellt (siehe Abb. 44 bis Abb. 47 im Anhang). Die Tab. 7 zeigt die modifikationsbezogenen Ergebnisse sowie die jeweiligen Geschlechteranteile und Besonderheiten. Die Fängigkeit zeigt sich auch in diesem Kontext stark unterschiedlich, wobei die M3-Reusen den geringsten Fangerfolg (39 Fänge) und die M1-Reusen den höchsten Fangerfolg (121 Fänge)

verzeichnen. Das Geschlechterverhältnis weicht vom Gesamtfang innerhalb der Referenzreusen zugunsten der Männchen ab (ca. 83 % m; ca. 17 % w) und innerhalb der M3-Reusen zugunsten der Weibchen ab (ca. 41 % m; ca. 59 % w).

Tab. 7: Ergebnisse des Gesamtfangerfolgs von *Astacus astacus* – modifikationsbezogen.

Reusentyp	Gesamtfangzahl	Männchen	Weibchen	Besonderheiten
R	93 Fänge	77 Fänge / ca. 83 %	16 Fänge / ca. 17 %	vom Gesamtfang abweichendes Geschlechterverhältnis zugunsten der Männchen
M1	121 Fänge	88 Fänge / ca. 73 %	33 Fänge / ca. 27 %	Fängigkeit am höchsten
M2	70 Fänge	44 Fänge / ca. 63 %	26 Fänge / ca. 37 %	vom Gesamtfang abweichendes Geschlechterverhältnis zugunsten der Weibchen
M3	39 Fänge	16 Fänge / ca. 41 %	23 Fänge / ca. 59 %	vom Gesamtfang deutlich abweichendes Geschlechter-verhältnis zugunsten der Weibchen

5.1.2 Edelkrebsfang: Längenspezifische Differenzierung

Es folgt die Darstellung der längenspezifischen Differenzierung der Edelkrebsfänge. Aufgrund der geringen Datenmenge wurden alle Fänge eines Modifikationstypen (insgesamt jeweils 4 Reusen) zusammengefasst. Auf diese Weise können die Ergebnisse im späteren Verlauf im Kontext der durchgeführten Modifikationen ausgewertet werden. Die Darstellung der Fänge einer einzigen Reuse ist in diesem Fall nicht zielführend. Zusätzlich zu den Gesamtfangzahlen und dem Geschlechterverhältnis wurden für die längenspezifische Differenzierung zwei Lageparameter errechnet, um die Verteilung der Daten genauer beschreiben und interpretieren zu können (siehe Tab. 8). Zum einen wurde der Median \tilde{x} ermittelt, welcher den nach Größe sortierten Datensatz in zwei Hälften teilt. Dieser Lageparameter ist für die vorliegenden Daten besonders geeignet, da er unempfindlich gegenüber Extremwerten („Ausreißern“) ist. Zum anderen wurde der Modus \hat{x} jeder Datenreihe ermittelt, welcher den am häufigsten aufgetretenen Wert darstellt (Felgentreff 2020: 8). Da es sich bei den Datenreihen um die Größe der Edelkrebse in Zentimeter (cm) handelt, sind die Lageparameter ebenfalls auf diese Größe [cm] bezogen.

Die Abb. 22 zeigt die längenspezifische Differenzierung aller Edelkrebsfänge unterteilt nach dem Geschlecht. Die Schwerpunkte der Verteilungen liegen sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen im oberen Körpergrößenbereich, wobei folgende Lageparameter ermittelt worden sind: Bei den Männchen liegt sowohl der Median als auch der Modus bei 14 cm und bei den Weibchen liegen beide Lageparameter bei 12 cm. Die männlichen Fänge weisen eine Spanne zwischen 5 cm und 15,5 cm auf. Bei den Weibchen wurden Fänge zwischen 6 cm und 14 cm verzeichnet.

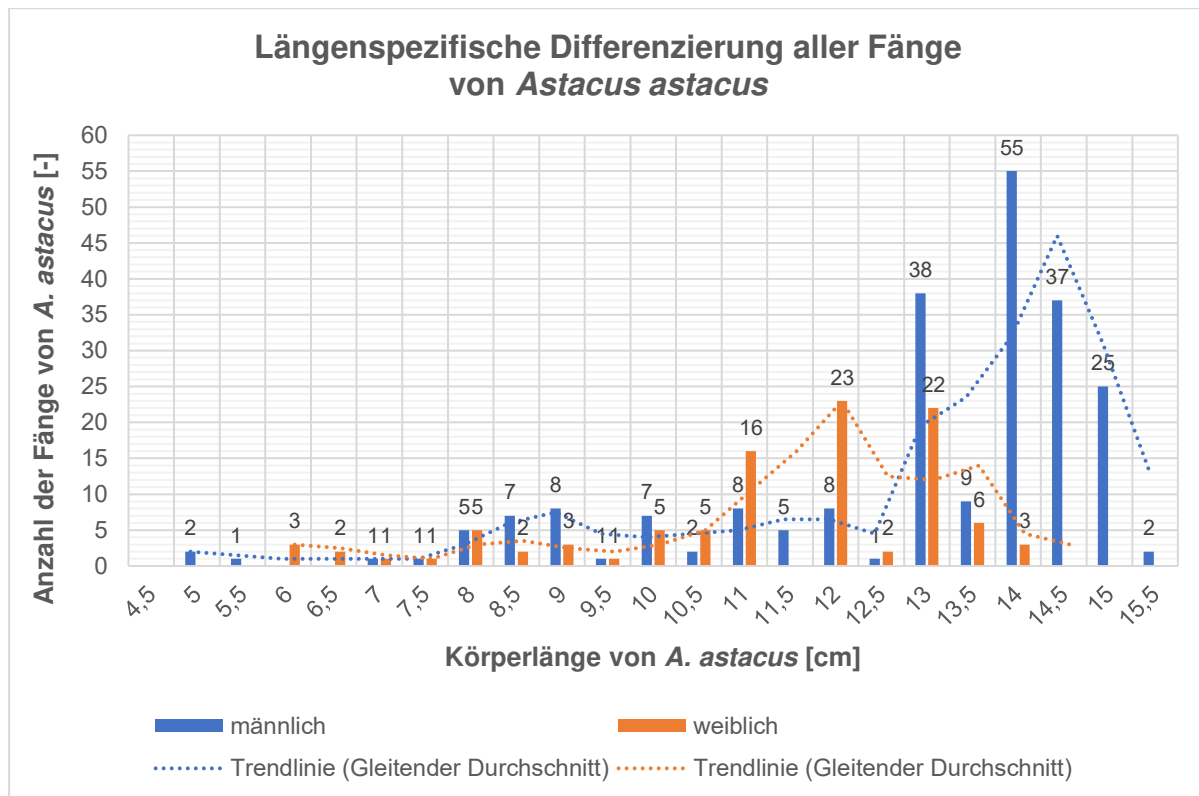


Abb. 22: Längenspezifische Differenzierung aller Edelkrebsfänge.

Die Abb. 23 bis Abb. 26 zeigen die längenspezifischen Differenzierungen aller Edelkrebsfänge unterteilt nach Modifikationstyp (R bis M3). Zusätzlich sind der Tab. 8 die jeweiligen Geschlechteranteile und Lageparameter zu entnehmen. Die Verteilung der längenspezifischen Differenzierung der Referenzreusen (siehe Abb. 23) zeigt einen deutlichen Schwerpunkt im oberen Bereich. Es wurden überwiegend große, männliche Tiere gefangen. Dies bestätigen der Männchen-Anteil von ca. 83 % sowie der Median und Modus, welche beide bei 14 cm liegen. Ein ähnliches Bild werfen die Ergebnisse der M1-Fänge (siehe Abb. 24) ab, jedoch zeigt sich im Vergleich zu den Referenzreusen ein Median von 13 cm und eine Verringerung des Männchenanteils um etwa 10 %. Bei beiden Verteilungen (R- und M1-Reusen) fällt auf, dass die kleinsten gefangenen Tiere bis auf wenige Ausnahmen weiblich sind. Die Verteilung der längenspezifischen Differenzierung der M2-Reusen zeigt einen flacheren Verlauf und einen wachsenden Anteil an Weibchen (siehe Abb. 25). Dieser liegt bei etwa 40 %, womit der Anteil der männlichen Exemplare im Vergleich zu den M1-Reusen um etwa 13 % gefallen ist. Dennoch wurden auch in diesen Reusen überwiegend große Exemplare gefangen, denn der Median liegt bei 12,5 cm und der Modus bei 13 cm (21 Fänge). Auffällig sind in diesem Kontext die kleineren Fänge, welche zum Großteil männlich sind. Die Verteilung der M3-Reusen zeigt keinen auffälligen Schwerpunkt wie die zuvor beschriebenen (siehe Abb. 26). Die deutlich herabgesetzte Fängigkeit macht sich zwar in der Datenmenge (39 Fänge) bemerkbar, jedoch hat sich das Geschlechterverhältnis zugunsten der Weibchen stark verändert (ca. 59 %) und bildet einen Schwerpunkt

bei 11 - 12 cm Körpergröße. Die Lageparameter (Median = 10 cm, Modus = 11 cm) zeigen außerdem einen deutlichen Abfall in der durchschnittlichen Körpergröße, besonders im Vergleich zu den Referenzreusen (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Ergebnisse der längenspezifischen Differenzierungen unterteilt nach Modifikationstyp.

Modifikationstyp	Männchen	Weibchen	Lageparameter [bezogen auf Größe in cm]	
			Median \tilde{x}	Modus \hat{x}
R	77 Fänge / ca. 83 %	16 Fänge / ca. 17 %	14	14
M1	88 Fänge / ca. 73 %	33 Fänge / ca. 27 %	13	14
M2	42 Fänge / ca. 60 %	28 Fänge / ca. 40 %	12,5	13
M3	16 Fänge / ca. 41 %	23 Fänge / ca. 59 %	10	11

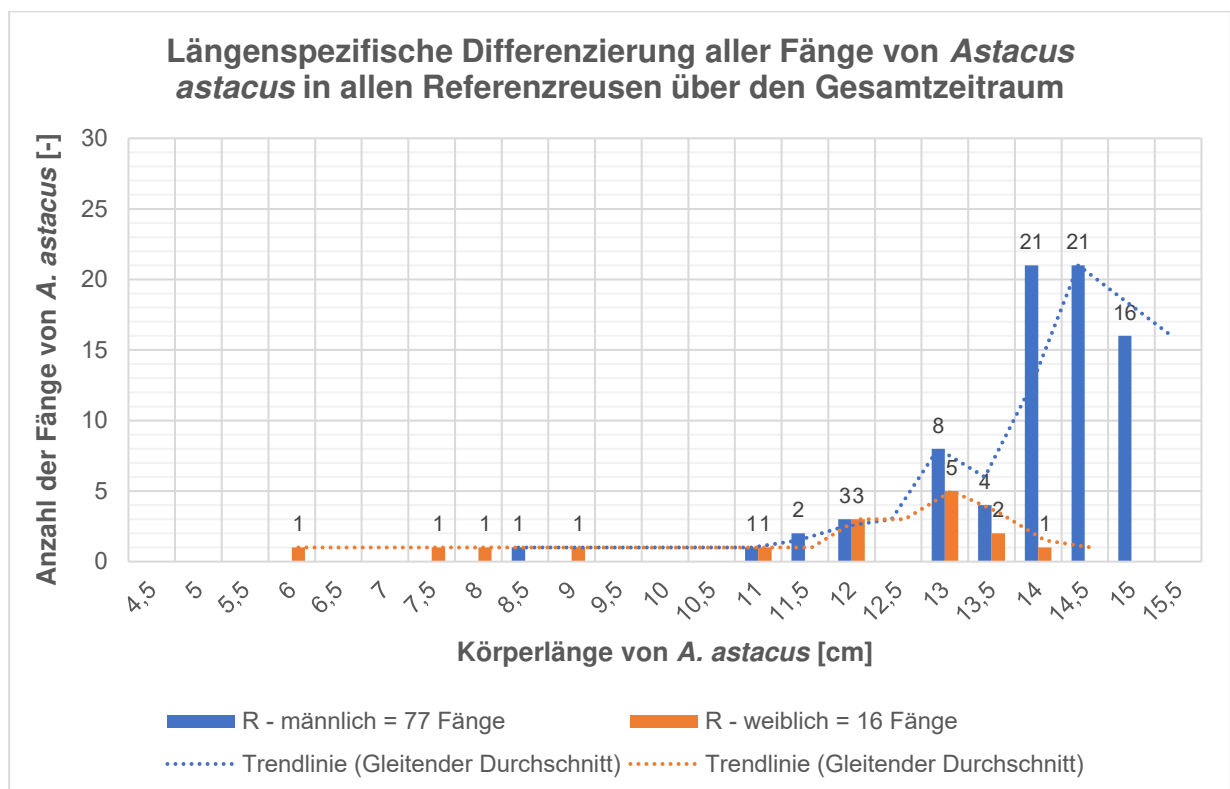


Abb. 23: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen Referenzreusen.

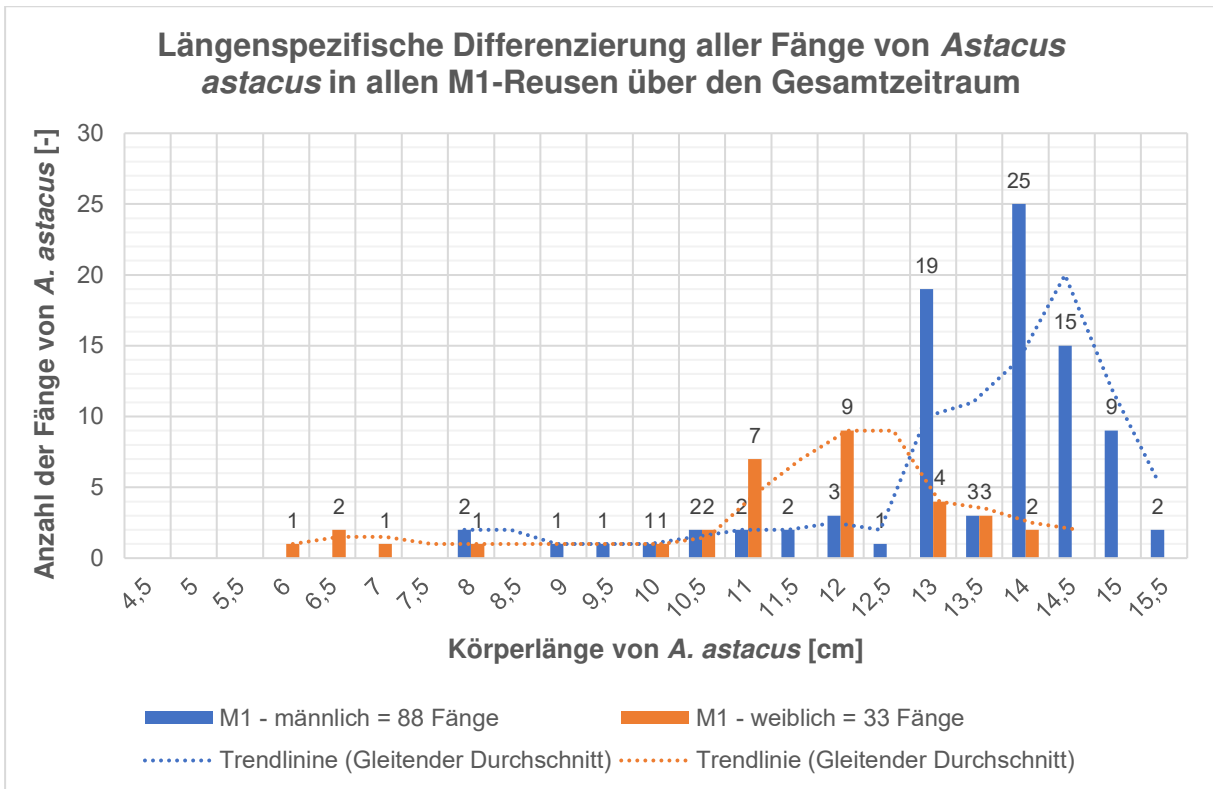


Abb. 24: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M1-Reusen.

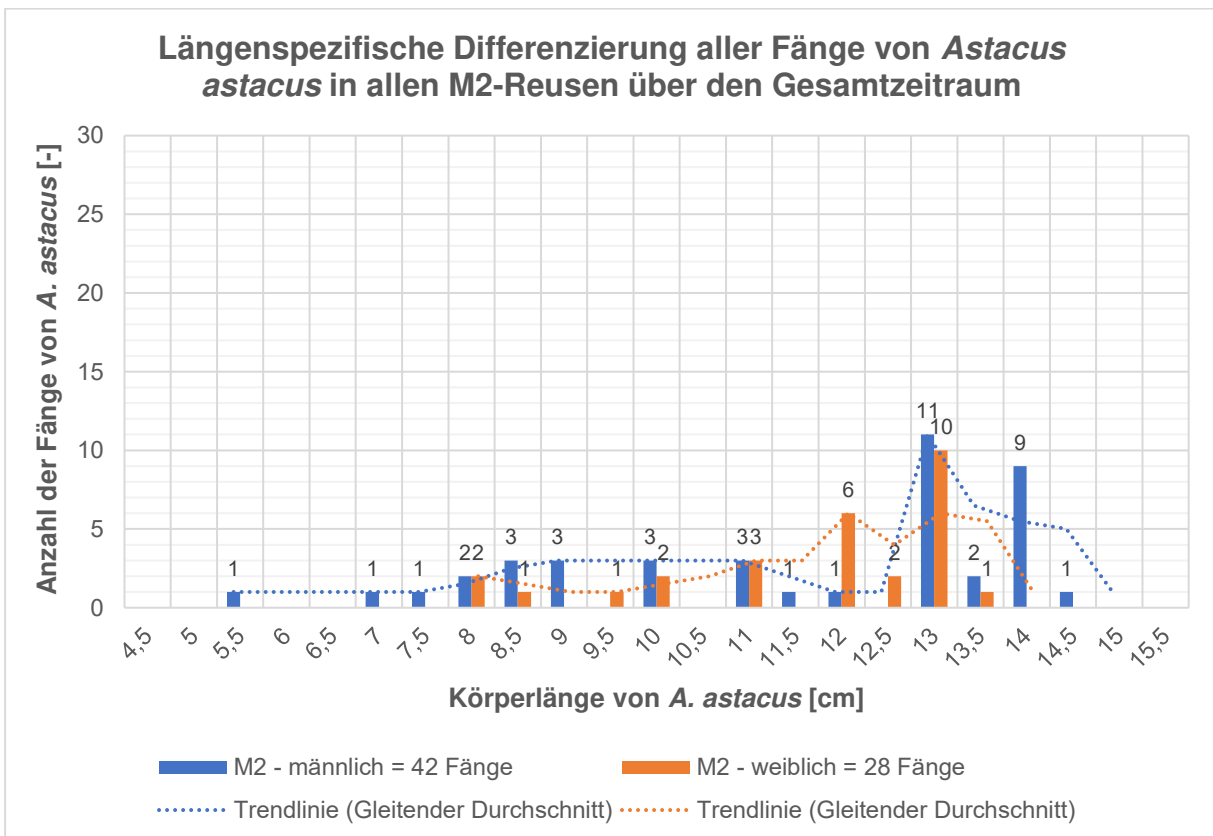


Abb. 25: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M2-Reusen.

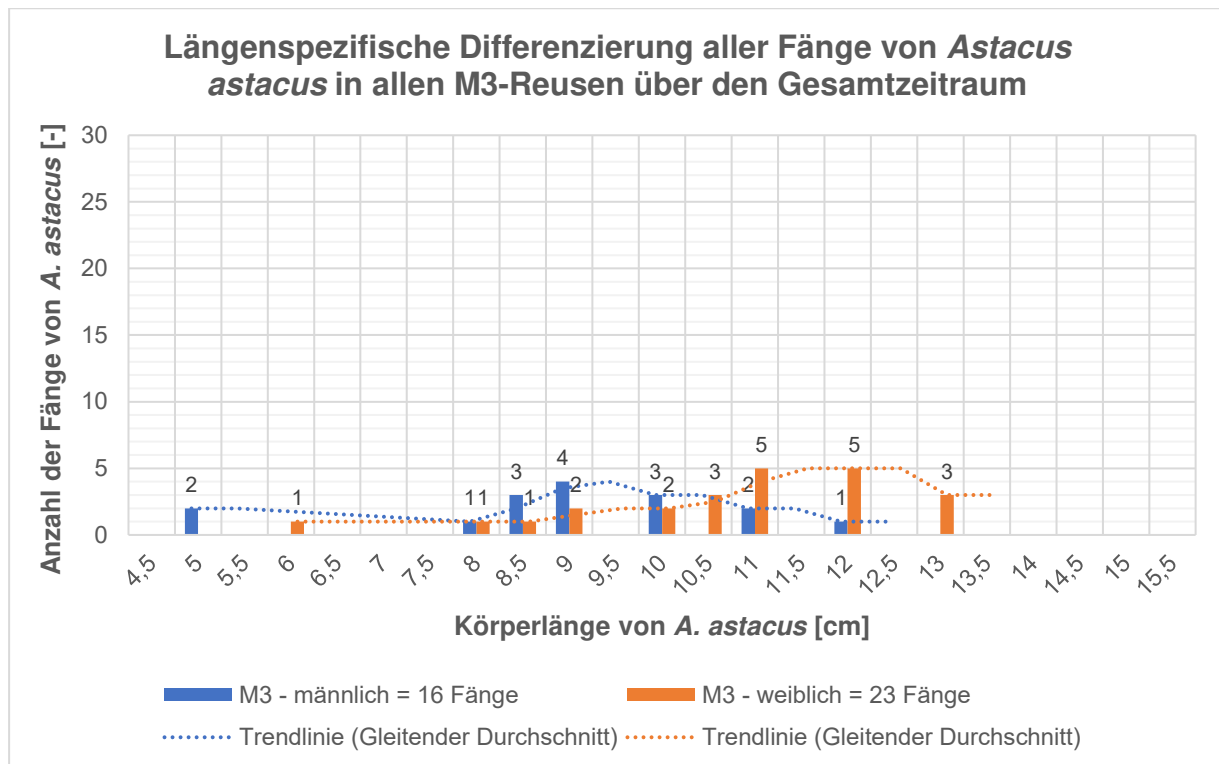


Abb. 26: Längenspezifische Differenzierung aller Fänge in allen M3-Reusen.

5.1.3 Chemisch-physikalische Parameter

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchgeführten chemisch-physikalischen Parametermessungen dargestellt und beschrieben. Die Parameter umfassen die Wassertemperatur, den pH-Wert, den Sauerstoffgehalt und -sättigung sowie die elektrische Leitfähigkeit (siehe Abschnitt 3.3.3). Zudem verdeutlichen die Abb. 27 und Abb. 28 die Ergebnisse der einzelnen Parameter, auf welche im Folgenden Bezug genommen wird.

Die Witterung zeigte sich teilweise wechselhaft mit starken Niederschlägen und Gewittern, darüber hinaus war es oftmals bewölkt, leicht windig und regnerisch. Hervorzuheben sind der 27.07.2023 mit Dauerregen von zeitweise mehr als 5 l/m²/h, der 03.08.2023 mit starken Windböen sowie der 07.08.2023 mit einem Unwetter sowie starken Regenfällen (siehe Anhang 10). Die Lufttemperatur erreicht am 28.07.2023 mit 25 °C ein Maximum und am 07.08.2023 ein Minimum mit 13 °C (siehe Anhang 10). Die Wassertemperatur weist über den Untersuchungszeitraum eine Spanne von 16,2 °C (04.08.2023) bis 20,7 °C (28.07.2023) auf, wobei auf die Uhrzeit der Messungen und damit auf die nicht gänzliche Beschattung des Teiches hinzuweisen ist (siehe Abb. 19). Der Sauerstoffgehalt zeigt größere Schwankungen: So wurde ein Maximum am 28.07.2023 mit 10,38 mg/l bzw. 119,7 % ermittelt und ein Minimum von 6,7 mg/l bzw. 70,1 % am 04.08.2023 (siehe Abb. 27). Der pH-Wert liegt zwischen 7,41 (04.08.2023) und 7,76 (28.07.2023) und zeigt damit nur minimale Schwankungen auf (siehe Abb. 28). Auch die

elektrische Leitfähigkeit weist nur minimale Fluktuationen mit Werten zwischen 435 und 542 $\mu\text{s}/\text{cm}$ auf. Der höchste Wert wurde am 02.08.2023 gemessen, der niedrigste am 07.08.2023 (siehe Abb. 28).

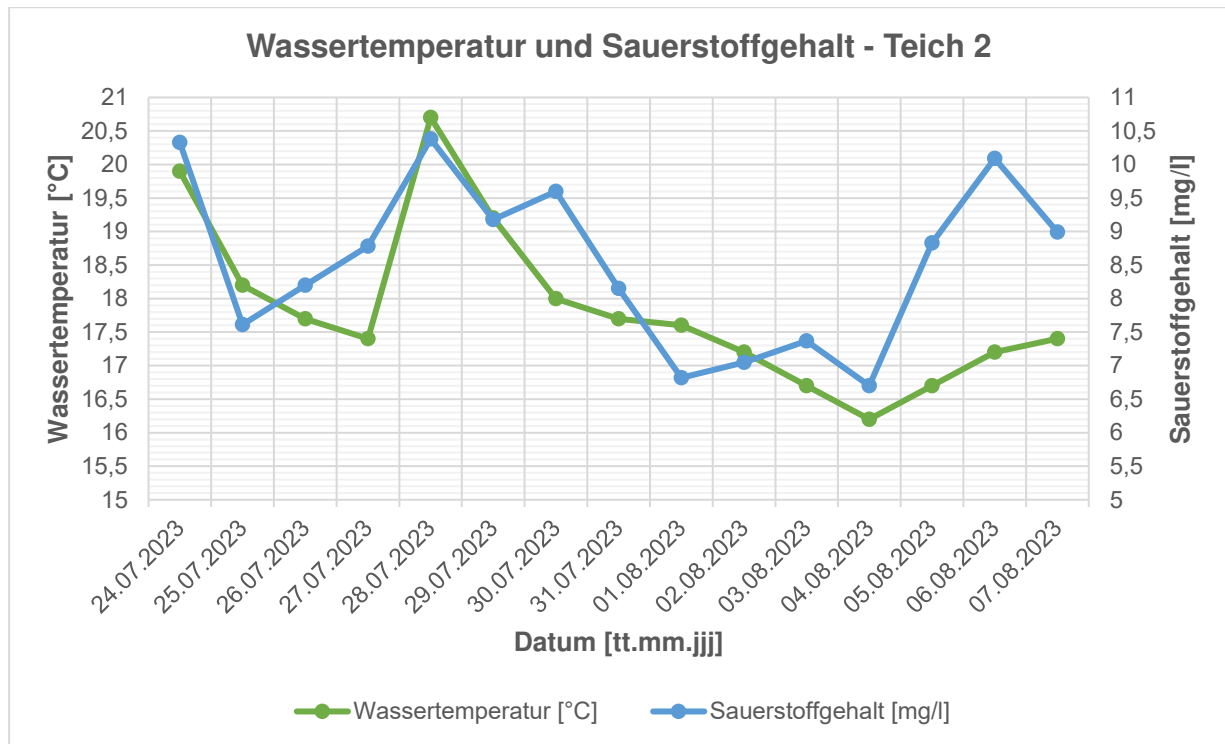


Abb. 27: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt in Teich 2.

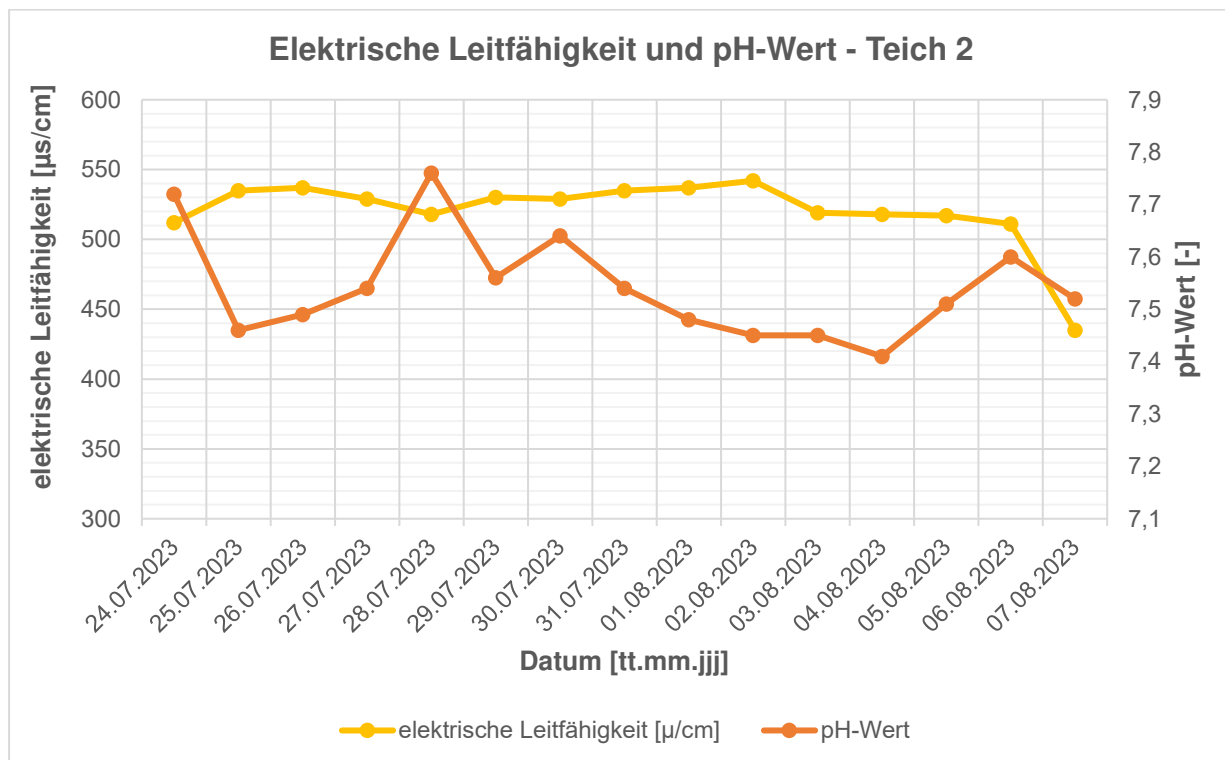


Abb. 28: Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert in Teich 2.

5.1.4 Nährstoffe und Gesamthärte

Es folgen die Ergebnisse der Nährstoff- sowie Gesamthärtemessung (siehe Tab. 9). Hierfür wurden die in Abschnitt 3.3.4 erläuterten Materialien und Methoden verwendet. Die Messwerte von Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-) und Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$) weisen nur minimale Schwankungen auf. Am auffälligsten gestaltet sich der Nitrat-Wert, welcher von anfangs 2,5 mg/l auf 3mg/l und am letzten Tag auf 5 mg/l ansteigt. Die Gesamthärte entspricht 11 °d. Mithilfe einer Umrechnungstabelle, welche in der Gebrauchsanweisung des Testbestecks zu finden ist, konnte die Gesamthärte zudem in Calciumcarbonat (CaCO_3) umgerechnet werden und entspricht dabei ca. 197 mg/l.

Tab. 9: Ergebnisse der Nährstoff- und Gesamthärtemessungen in Teich 2.

Parameter	24.07.2023	29.07.2023	07.08.2023
Ammonium (NH_4^+) [mg/l]	0,1	0,25	0,25
Nitrit (NO_2^-) [mg/l],	0,1	0,1	0,03
Nitrat (NO_3^-) [mg/l]	2,5	3	5
Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$) [mg/l]	0,45	0	0
Gesamthärte [°d]	/	/	11

5.2 Teich 3

Der Fangerfolg von *Astacus astacus* beschränkt sich in Teich 3 auf zwei Fänge und wird daher ohne Darstellung erläutert. Bei beiden Fängen handelt es sich um männliche Edelkrebse mit einer Größe von 15 cm. Die Fänge wurden am 26.07.2023 in der M1-Reuse des Pakets 6 (schwarz) und am 07.08.2023 in der M2-Reuse des gleichen Pakets verzeichnet.

Die Ergebnisse der Parametermessungen sind den folgenden Abb. 29 und Abb. 30 zu entnehmen und ebenfalls im Anhang 11 zu finden. Die Wassertemperatur weist Werte zwischen einem Maximum von 22,2 °C (28.07.2023) und einem Minimum von 17,2 °C (04.08.2023) auf. Der Sauerstoffgehalt schwankt in Teich 3 sehr, so wurden Gehalte zwischen maximal 15,84 mg/l bzw. 187 % (28.07.2023) und minimal 4,5 mg/l bzw. 48,1 % (04.08.2023) gemessen. Hier ist festzuhalten, dass am 28.07.2023 die Messstelle gewechselt werden musste, da zuvor Messwerte von > 20 mg/l durch das HQ40d-Multimeter nicht messbar waren. Der pH-Wert bewegt sich zwischen 8,74 und 7,27, womit eine höhere Schwankung als in Teich 2 zu verzeichnen ist. Auch die elektrische Leitfähigkeit weist eine breitere Spanne als Teich 2 auf, so wurde hier ein Maximalwert von 499 µs/cm am 26.07.2023 und ein Minimalwert von 368 µs/cm am 07.08.2023 gemessen. Die Ergebnisse der Nährstoff- und Gesamthärtemessungen sind der Tab. 10 zu entnehmen. Für die Gesamthärte wurde wie zuvor der Calciumcarbonatgehalt (CaCO₃) ermittelt und entspricht ca. 161 mg/l.

Tab. 10: Ergebnisse der Nährstoff- und Gesamthärtemessung in Teich 3.

Parameter	24.07.2023	29.07.2023	07.08.2023
Ammonium (NH ₄ ⁺) [mg/l]	0,05	0,1	0,5
Nitrit (NO ₂ ⁻) [mg/l],	0	0	0,07
Nitrat (NO ₃ ⁻) [mg/l]	0,5	2	3
Phosphat (PO ₄ -P) [mg/l]	0,1	0,1	0,1
Gesamthärte [°d]	/	/	9

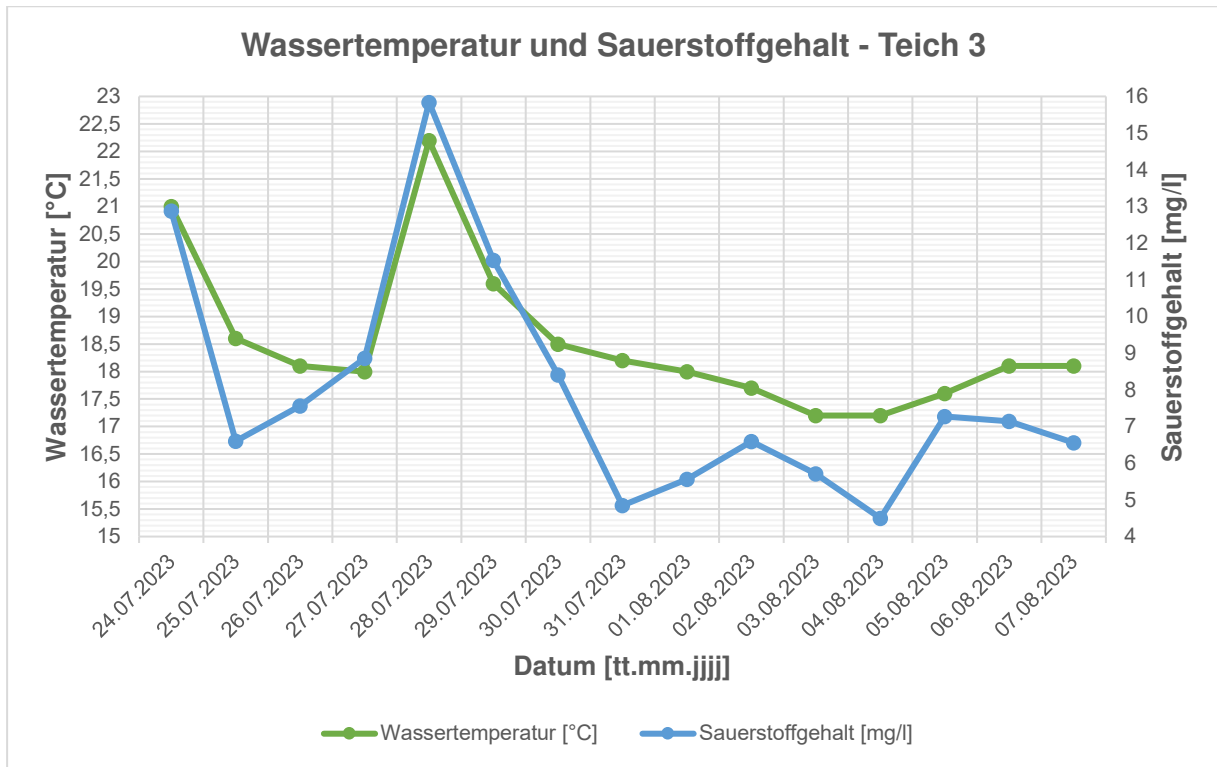


Abb. 29: Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt in Teich 3.

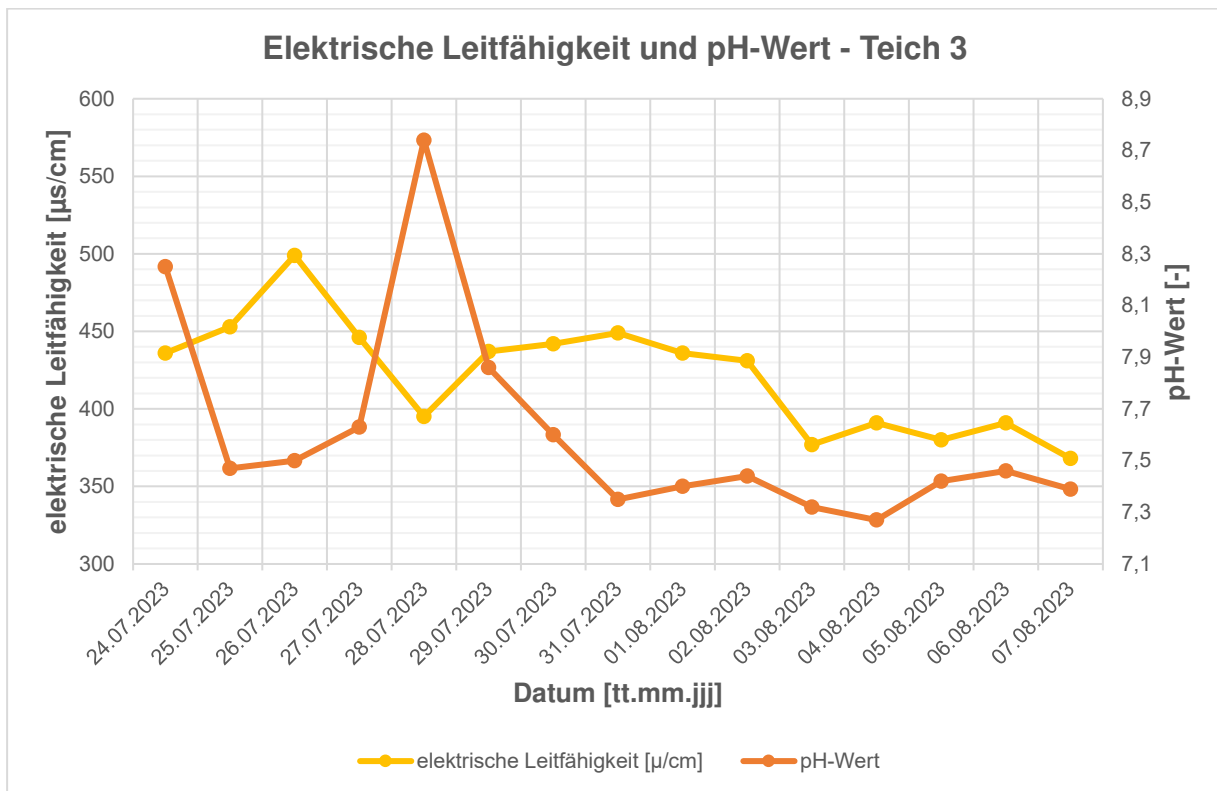


Abb. 30: Elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert in Teich 3.

6 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Arbeit (siehe Kap. 5) liefern Anhaltspunkte für eine mögliche Beeinflussung der Größenselektivität der Reusenfänge und werden im Folgenden diskutiert. Aufgrund der geringen Datenmenge kann die folgende Diskussion jedoch keine allgemeingültigen Aussagen treffen, sondern nur die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse in den vorhandenen Forschungsstand einordnen.

6.1 Teich 2

Durchschnittskörpergröße

Die Ergebnisse der längenspezifischen Differenzierungen der Fänge weisen auf eine abnehmende Durchschnittskörpergröße der Fänge mit fortschreitender Verringerung der Kehlöffnungen hin. Die in Tab. 8 aufgeführten Lageparameter (Median und Modus) zeigen eine Abnahme von 14 cm (R-Reusen) auf 10 cm bzw. 11 cm (M3-Reusen). Die Referenzreusen zeigen einen deutlichen Schwerpunkt bei einer Körpergröße von 14 - 15 cm, womit die Fänge die beschriebene Größenselektivität abbilden (siehe Abschnitt 2.4.2, S. 17). Dies wird auf die historische Entwicklung der Reusen für den kommerziellen Krebsfang zurückzuführen sein, welche auf dem agonistischen Verhalten der großen Tiere gegenüber kleinen beruht (siehe Abschnitte 2.4.2 und 2.3.4). Die Fänge der M1-Reusen zeigen ein ähnliches Bild, jedoch lässt der Median Interpretationen zu. Dieser liegt bei 13 cm und ist damit um 1 cm im Vergleich zu den Referenzreusen gesunken. Die durchschnittliche Körpergröße scheint sich demnach minimal zu verändern. Dies könnte auf den Schwerpunkt der weiblichen Fänge zurückzuführen sein, welcher zwischen 11 und 12 cm liegt (siehe Abb. 24). Dennoch weisen die meisten Fänge in den M1-Reusen eine Größe von 14 cm (Modus) auf. Grundsätzlich wurde in Abschnitt 2.3.4 die Dominanz größerer Flusskrebse über kleinere beschrieben. Auffällig scheint in diesem Kontext, dass gerade in den Referenz- und M1-Reusen, ansatzweise auch in den M2-Reusen, jeweils einige Fänge mit einer Körpergröße ≤ 8 cm gefangen wurden (siehe Abb. 23 und Abb. 24). Sie machen zwar nur einen geringen Anteil aus, jedoch stellen sie einen interessanten Kontrast zu den ansonsten überwiegend sehr großen Fängen dar. Die kleinen Edelkrebse könnten zum Beispiel vor den größeren Edelkrebsen in die Reuse gelangt sein, womit sie in der Reuse zwar der intraspezifischen Konkurrenz ausgesetzt sind, diese sie jedoch im Vorfeld nicht von einem Hineinlaufen abgehalten hat. Diese Überlegung könnte in Zukunft unter kontrollierbaren Bedingungen mithilfe von Kameras überprüft werden (siehe Kap. 7). Die längenspezifische Differenzierung der M2-Reusen zeigt nun etwas deutlicher, dass sich die durchschnittliche Körpergröße der Fänge verändert: Mit einem Median von 12,5 cm und einem Modus von 13 cm sinkt der Durchschnitt weiter

(siehe Tab. 8). Durch die physische Verringerung der Kehlöffnungen könnten sehr große Exemplare bereits aufgrund ihrer Körper- und Scherengröße ausgeschlossen werden (siehe Abschnitt 2.3.1). Zusätzlich könnte die verringerte durchschnittliche Körpergröße der Fänge eine Folge der veränderten Konkurrenzbedingungen sein, welche durch den vermehrten Ausschluss der konkurrenzstarken sehr großen Exemplare entsteht. In Abb. 25 ist jedoch ebenso ersichtlich, dass weiterhin große, in diesem Fall männliche, Tiere (9 x 14 cm; 1 x 14,5 cm) in den M2-Reusen gefangen werden konnten. Ihre Anzahl hat im Vergleich zu den Referenz- und M1-Reusen zwar deutlich abgenommen, allerdings scheinen sie weiterhin hinein gelangen zu können. Eine mögliche Erklärung für den verringerten Anteil könnte sein, dass es aufgrund der Verkleinerung des Eingangs nun zeit- und kraftintensiver ist und sie es dadurch seltener in die Reuse schaffen oder den Versuch, in die Reuse zu gelangen, aufgrund einer „Kosten-Nutzen-Abwägung“ frühzeitig abbrechen. So eine mögliche Abwägung scheint besonders interessant im Kontext des verwendeten Köders (Hundefutter), da dieser möglicherweise keine adäquate Nahrungsquelle darstellt (siehe Abschnitt „Fängigkeit“, S. 57). Aufgrund der durchaus sehr massiven Scheren und der nicht geringen Körpergröße stellt sich trotzdem die Frage, wie die Edelkrebse (> 14 cm) durch eine Kehlöffnung mit den Maßen 5,5 cm x 5 cm gelangen können (siehe Abb. 2 und Abschnitt 3.2.1). Mündliche Mitteilungen von Mitarbeitenden des Edelkrebsprojekts beschreiben ein Verschieben und Verdrehen der Scheren sowie ein vorwärts gerichtetes Bewegungsverhalten der Edelkrebse, um in die Reuse zu gelangen. Allerdings kann in diesem Kontext auch die Überlegung zugelassen werden, ob ein Flusskrebs gegebenenfalls auch rückwärts in die Reuse gelangen kann und es auf diese Weise einfacher sein könnte, eine so enge Öffnung zu passieren. Ein solches Verhalten könnte mithilfe von Kameras in einem kontrollierten Rahmen überprüft werden. Eine weitere Erklärung könnte sein, dass die hineingelangten Tiere kleine oder fehlende Scheren aufweisen und deshalb die Verringerung kein physisches Hindernis mehr darstellt. Mithilfe der Fangergebnisprotokolle (siehe Anhang 7) konnte bei immerhin sieben Fängen über 12 cm eine fehlende Schere, einmalig sogar beidseitig fehlende Scheren, nachgewiesen werden. Allerdings konnten in den M2-Reusen insgesamt 43 Fänge über 12 cm verzeichnet werden, sodass die zuvor aufgeführte Überlegung keine umfassende Erklärung liefert und lediglich in Einzelfällen zum Tragen kommen kann. Die Lageparameter der M3-Fänge (Median = 10 cm, Modus = 11 cm; siehe Tab. 8) lassen die Vermutung zu, dass sich die Modifikationen tatsächlich auf die Größenselektivität der Pirat-Reusen auswirken und eine Verschiebung hin zu kleineren Individuen bewirken könnten, denn im Vergleich zu den Referenzreusenfängen (Median und Modus = 14 cm) hat die durchschnittliche Körpergröße um bis zu 4 cm abgenommen. Die größten Fänge in den M3-Reusen weisen höchstens eine Körpergröße von 13 cm auf. Diese können zwar weiterhin nicht als „kleine Edelkrebse“ bezeichnet

werden, jedoch sind sie im Vergleich zu den größten Fängen in den anderen Modifikationen (R: 15 cm; M1: 15,5 cm; M2: 14,5 cm) deutlich kleiner (siehe Abb. 23, Abb. 24 und Abb. 25). Laut der Fangergebnisprotokolle (siehe Anhang 7) weisen die größten Fänge in den M3-Reusen zudem keine Besonderheiten (wie z.B. fehlende Scheren) auf, woraus geschlossen werden könnte, dass ein Edelkrebs mit einer Körpergröße von 13 cm problemlos in eine M3-Reuse gelangen kann. Aufgrund der deutlich geringeren Fangmenge kann jedoch wie bei den M2-Reusen die Überlegung zugelassen werden, dass es zeit- und kraftintensiver ist eine derartig verringerte Kehlöffnung zu passieren und es folglich deutlich weniger Exemplare schaffen oder schaffen wollen. Abschließend scheinen vor dem gerade diskutierten Hintergrund die M3-Modifikationen sehr wahrscheinlich ein physisches Hindernis darzustellen, welches für die sehr großen Edelkrebse ($> 13,5$ cm) nicht mehr zu überwinden ist.

Geschlechterverhältnis

Zudem konnte eine Veränderung des Geschlechterverhältnisses der Edelkrebsfänge mit abnehmender Kehlöffnungsgröße zugunsten der Weibchen beobachtet werden (siehe Abschnitte 5.1.1 und 5.1.2). Diese Veränderung könnte ein Resultat der eingesetzten Modifizierungen bzw. der beeinflussten Größenselektivität sein. Zunächst ist jedoch festzuhalten, dass die Fänge der in dieser Arbeit eingesetzten Referenzreusen die in Abschnitt 2.4.2 (S. 17) beschriebene Verschiebung der Fänge hin zu männlichen Exemplaren aufweisen. Der Schwerpunkt der Fänge liegt deutlich auf den größeren, männlichen Tieren (ca. 83 %), was sehr wahrscheinlich auf die Konkurrenz- und Dominanzbeziehungen innerhalb der Edelkrebspopulation zurückzuführen ist (siehe Abschnitt 2.3.4). Auch die Auswertung der Fänge in den M1-Reusen zeigt ein ähnliches Bild (siehe Abb. 24). Ob die Geschlechterzusammensetzung der Fänge zum Beispiel auf stattgefundenen „Kämpfe“ in der Nähe der Reusen oder eine bereits vorhandene Dominanzhierarchie zurückzuführen ist, kann in diesem Fall nicht eindeutig geklärt werden. Beide Szenarien wären durchaus denkbar und auch in Kombination möglich. Erste signifikante Veränderungen in Bezug auf das Geschlechterverhältnis treten bei den Fängen der M2-Reusen auf: Der Männchen-Anteil liegt bei ca. 60 % und verringert sich damit im Vergleich zu den Referenzreusen um ca. 23 % (siehe Tab. 8). Das in Abschnitt 2.4.2 beschriebene Geschlechterverhältnis ist damit nicht mehr so stark ausgeprägt und unterscheidet sich deutlich von dem der Referenzreusen. Außerdem zeigt sich ein weiterer interessanter Punkt im Kontext des Geschlechterverhältnisses: Die bereits zuvor erwähnten jeweils kleinsten Fänge (≤ 8 cm Körpergröße) (siehe Abschnitt „Durchschnittskörpergröße“, S. 53) sind in den R- und M1-Reusen weiblich und in den M2-Reusen männlich (siehe Abb. 23, Abb. 24 und Abb. 25). Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass für die in den R- und M1-Reusen sehr häufig vertretenen großen Männchen (> 14 cm)

kleine weibliche Edelkrebse keine reale intraspezifische Konkurrenz darstellen und sie deshalb eher geduldet als verdrängt werden. In den M2-Reusen könnte die deutlich geringere Anzahl sehr großer Männchen (> 14 cm) folglich dazu führen, dass sich auch kleine männliche Edelkrebse in die Reusen wagen. Da jedoch prinzipiell auch größere Weibchen durchaus agonistisches Verhalten gegenüber kleinen Exemplaren zeigen, ist hier keinesfalls auszuschließen, dass die kleinsten gefangenen Exemplare aus reinem Zufall das entsprechende Geschlecht aufweisen. Schließlich lässt auch die Auswertung der Fänge in den M3-Reusen die Vermutung zu, dass das Geschlechterverhältnis mithilfe der entwickelten Modifikationen beeinflusst wurde (siehe Tab. 8). So liegt der Männchen-Anteil nunmehr bei ca. 41 % und der Weibchen-Anteil bei ca. 59 %. Die Mehrheit der großen Fänge (≥ 10 cm) setzt sich nun aus Weibchen zusammen. Die tatsächliche Größe der Kehlöffnung von ca. 4,5 cm x 5 cm (siehe Abschnitt 3.2) könnte dazu führen, dass die sehr großen Tiere (hier besonders die großen Männchen) bereits aufgrund ihrer (Körper- und) Scherengröße nicht mehr durch die Öffnung gelangen können und somit ausgeschlossen werden. Denn wie in Abschnitt 2.3.1 (S. 4) beschrieben, erreichen die Weibchen eine geringere Körpergröße und bilden weniger große Scheren aus. Dies könnte ihnen bei einer deutlich verringerten Kehlöffnung den Vorteil verschaffen, dass sie weiterhin problemlos in die Reuse gelangen während größere (männliche) Exemplare mit entsprechenden Scheren ein physisches Hindernis vorfinden. Eine Folge dieses Ausschlusses der großen männlichen Edelkrebse könnte wiederum zu einer Veränderung der Konkurrenzbedingungen im Zusammenhang mit der Reuse geführt haben, womit der Köder für die ansonsten unterlegenen Edelkrebse (v. a. kleinere und weibliche Tiere) interessant und erreichbar geworden ist (siehe Abschnitt 2.3.4). Diese Überlegung könnte demnach ein verändertes Geschlechterverhältnis zugunsten der Weibchen erklären. Besonders vor dem Hintergrund des mangelnden Kenntnisstands über die bereuste Population sollte bei der Diskussion des Geschlechterverhältnisses jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es zum Zeitpunkt der Bereusungen gegebenenfalls mehr Weibchen innerhalb dieser Population gegeben haben könnte. Da jedoch grundlegend von einem 1:1-Geschlechterverhältnis innerhalb einer Population auszugehen ist (schriftl. Mitteilung H. Groß) und des Weiteren keine Gründe für eine dahingehende Veränderung vorliegen, kann diese Überlegung nur eine vorsichtige Idee darstellen. Zusätzlich, wie in Abschnitt 2.3.4 (S. 9) erwähnt, spielt auch die Kommunikation auf chemischer Ebene mittels Pheromone, besonders auch im Kontext agonistischen Verhaltens, eine Rolle. Diese könnte ebenfalls einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fänge haben, sowohl im Hinblick auf die Größenzusammensetzung als auch auf das Geschlechterverhältnis. Allerdings kann ein Zusammenhang nur vermutet werden, da dieser Themenkomplex in der Forschung noch am Anfang steht.

Fängigkeit

Wie in Abschnitt 5.1.1 dargestellt, verändert sich die Fängigkeit innerhalb der Modifikationen und im Vergleich zu den Referenzreusen zum Teil stark. Die Recherchen im Vorfeld ließen eine Verringerung der Fängigkeit mit abnehmender Kehlöffnung vermuten, da das Funktionsprinzip der Reusen auf große, adulte Flusskrebse zugeschnitten ist (siehe Abschnitt 2.4.2, S. 17). Somit wurde eine verringerte Fängigkeit erwartet, wenn diese Exemplare nicht mehr gefangen werden. Die Ergebnisse in Abschnitt 5.1.1 zeigen jedoch ein leicht verändertes Bild: Die M1-Reusen erreichen die höchste Fängigkeit, danach folgen absteigend die R-, die M2- und die M3-Reusen. Wieso die M1-Reusen eine höhere Fängigkeit als die Referenzreusen aufweisen, kann nicht abschließend geklärt werden. Eine Betrachtung der jeweiligen Standorte der Reusen zeigt allerdings keine Besonderheiten (siehe Tab. 3: Auflistung der Pakete in Teich 2 mit der Zuordnung der Markierungen und Habitattypen.). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass bei den M1-Reusen die dominantesten Exemplare bereits ausgeschlossen werden, sodass sich insgesamt mehr Edelkrebse in die Reuse wagen. Die grundsätzlich verringerte Fängigkeit mit abnehmender Kehlöffnungsgröße (bes. M2- und M3-Reusen) lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass es, wie oben beschrieben (siehe Abschnitt „Durchschnittskörpergröße“, S. 54), für die eigentlichen Zielexemplare zunehmend schwieriger wird in die Reusen zu gelangen. Zudem sind junge und damit kleinere Edelkrebse, welche problemlos durch die verringerten Kehlöffnungen passen würden, auf ein anderes Nahrungsangebot als die Adulten angewiesen, denn diese ernähren sich zu einem überwiegenden Teil von wirbellosen Kleinstlebewesen (siehe Abschnitt 2.3.3, S. 7). Folglich ist vor diesem Hintergrund festzuhalten, dass der verwendete Köder nicht dem Nahrungsspektrum der Jungkrebse entspricht und damit kein optimales Lockmittel darstellt. Dies könnte die verringerte Fängigkeit der M2- und M3-Reusen erklären. Ebenso denkbar wäre es, dass Edelkrebse mit einer geringeren Körpergröße nicht nur einfacher in die Reuse gelangen, sondern auch häufiger wieder hinaus. So ein Verhalten könnte folglich den Fangerfolg zusätzlich deutlich verringern (siehe Kap. 7). Wie in Abschnitt 2.4.2 (S. 17) vorgestellt, ließen sich in den erwähnten Studien junge Flusskrebse vor allem mithilfe von Versteckfallen fangen, womit die Methode der Bereusung eher als ungeeignet gilt. Zusätzlich konnte eine Abnahme der Gesamtfangzahlen über den Zeitraum von 14 Tagen beobachtet werden (siehe Abschnitt 5.1.1). Auffällig ist in diesem Kontext, dass vor allem die Zahlen der männlichen Fänge konstant sinken und die Zahlen der weiblichen Fänge an eine glockenartige Verteilung erinnern. Eine mögliche Erklärung für die sinkenden Männchen-Fänge könnte die Häutungsphase sein, welche bei den männlichen Edelkrebsen durchaus im August liegen kann (siehe Abschnitt 2.3.3, S. 7). In dieser Zeit senken sie deutlich ihre Aktivität und auch die Nahrungssuche. Ein weiterer Aspekt könnte mit dem verwendeten Köder einhergehen: Hundefutter

scheint die Krebse zwar anzulocken, jedoch stellt es (auf Dauer) vermutlich keine adäquate Nahrungsquelle dar. So befanden sich teilweise trotz hohem Fangerfolg noch Reste in den Köderkörbchen, was bei Fischködern in der Regel nicht der Fall ist (mdl. Mitteilung EKP NRW). Es könnte also sein, dass die Edelkrebse dem Geruch des Köders folgen und diesen eventuell auch probieren, aber schließlich nicht als geeignete Nahrung annehmen. Durch das unveränderte Anbieten des Hundefutter-Köders könnte über die Zeit ein gewisser Lern- und Gewöhnungseffekt eintreten. Solche Effekte könnten über die Zeit von 14 Tagen sinkende Fangzahlen erklären. Jedoch stellt sich weiterhin in diesem Kontext die Frage, wieso sich die Fangzahlen der Geschlechter so deutlich voneinander unterscheiden. Eine mögliche Erklärung könnte ebenfalls das agonistische Verhalten der (größeren) männlichen Edelkrebse liefern: Sinken diese Fänge im Verlauf der Zeit, beispielsweise durch die eben angeführte Häutungsphase oder den Gewöhnungseffekt, könnte der Köder zeitversetzt für die Weibchen interessant werden und somit die glockenartige Verteilung erklären.

Weitere Einflüsse und gewässerkundliche Parameter

Die Pakete 1 bis 4 definieren sich durch unterschiedliche Habitattypen, sodass eine Auswertung der Fangergebnisse auch standortbezogen geschehen kann (siehe Abschnitte 3.2.2 und 5.1.1). Bei einem Vergleich der in Abschnitt 2.3.2 (S. 5) beschriebenen Lebensraumanforderungen und der tatsächlichen Standorte der Reusen (siehe Abb. 11) zeigt sich, dass der Teich 2 grundsätzlich sehr den Anforderungen entspricht. Die unterschiedliche Fängigkeit der Pakete könnte allerdings darauf hindeuten, dass es Präferenzen innerhalb des Teiches gibt. So bietet die Strauch- und Gebüschzone, in denen Paket 3 und 4 untergebracht waren, keine überhängenden Elemente und beispielsweise weniger Schutz als der Röhrichtsaum (besonders die Standorte der Reusen M2 und M3 des Pakets 4). Zusätzlich wiesen die Reusen des Pakets 3 geringere Abstände zueinander auf, da das Ufer auf dieser Seite etwas kürzer ist. Dies könnte zu einem erhöhten Konkurrenzverhalten führen und somit die Fangzahlen insgesamt verringern. Die Fänge des Pakets 2 weisen den höchsten Weibchen-Anteil auf (ca. 38 %) (siehe Abschnitt 5.1.1), was ebenfalls auf eine geschlechtsspezifische Habitatpräferenz hinweisen könnte. Bei der Betrachtung der Witterung und dem Gesamtfangerfolg bzw. dem Geschlechterverhältnis fällt kein besonderer Zusammenhang auf (siehe Anhang 10).

Es lässt sich jedoch festhalten, dass die gemessenen chemisch-physikalischen Parameter (siehe Abschnitt 5.1.3 und Anhang 10) grundsätzlich im jeweiligen Leitwertbereich liegen und damit auf eine gute, sowie für Edelkrebse geeignete Wasserqualität hindeuten (siehe Abschnitt 2.3.2, S. 6 und 3.3.3, S. 27). Innerhalb der Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parameter fallen besonders der 28.07.2023 mit einigen gemessenen Höchstwerten (Luft- und Wassertemperatur,

pH-Wert, Sauerstoffgehalt- und -sättigung) und der 04.08.2023 mit den jeweiligen Minimalwerten (einzige Ausnahme: Lufttemperatur) auf (siehe Abschnitt 5.1.3). Wie in Abschnitt 3.3.3 beschrieben, hat die Temperatur einen enormen Einfluss auf beinahe alle Prozesse in einem Gewässer, sodass die erwähnten Höchstwerte der Parameter mit den ebenfalls am 28.07.2023 gemessenen Höchstwerten der Luft- (25 °C) und Wassertemperatur (20,7 °C) erklärt werden können. Die auffallende Sauerstoffübersättigung des Gewässers mit Werten über 100 % an insgesamt fünf Tagen (siehe Abb. 27 und Anhang 10) ist auf die sauerstoffliefernde Photosynthese der Makrophyten, welche im Gewässer reichlich vorhanden sind, zurückzuführen (siehe Abschnitt 3.3.3, S. 27). In diesem Zusammenhang sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Messungen am 28.07.2023 erst um 17:00 Uhr stattgefunden haben und somit der Tagesgang des Gewässers berücksichtigt werden muss. Die gemessenen Minimalwerte am 04.08.2023 lassen sich höchstwahrscheinlich auf die gesunkenen Temperaturen und die Witterung der Vortage sowie auf die verfrühte Messuhrzeit (09:30 Uhr) an diesem Tag zurückführen. Im Hinblick auf die Nährstoffbeprobungen lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse ebenfalls auf eine gute Wasserqualität hinweisen. Die Werte liegen unterhalb der angeführten Grenzwerte der TrinkwV, der GrwV und der Nitrat-RL (siehe Abschnitt 3.3.4, S. 28). Zudem liegen die im Untersuchungs-gewässer gemessenen Werte innerhalb der von Bohl (1989) angegebenen Richtwerte (siehe Tab. 4 und Tab. 9), sodass Teich 2 demnach für Edelkrebse geeignet ist. Die minimal erhöhten Werte am 07.08.2023 könnten mit dem starken Unwetter, welches vormittags stattgefunden hat, zusammenhängen. Die Gesamthärte von 11 °d bzw. der Calciumcarbonatgehalt (CaCO₃) von ca. 197 mg/l (siehe Tab. 9) lässt sich mit den naturräumlichen Gegebenheiten des Standortes erklären. Wie in Abschnitt 4.1.3 beschrieben, ist der Teutoburger Wald überwiegend aus kreidezeitlichen Sand- und (Muschel-)Kalkablagerungen aufgebaut. Durch Verwitterungs-, Erosions- und Lösungsprozesse gelangt das Calciumcarbonat ins Wasser, wo es unter anderem von den Edelkrebsen zum Panzerbau verwendet werden kann (siehe Abschnitte 2.3.3, S. 7 und 3.3.4, S. 28).

6.2 Teich 3

Die Nebenuntersuchung an Teich 3 wurde im Hinblick auf die bevorstehende Gewässererweiterung durchgeführt. Hierbei ist zunächst festzuhalten, dass es innerhalb der 14 Tage zwei Edelkrebsfänge gab, womit eine Diskussion der Fangergebnisse im Kontext der Modifikationen hinfällig ist. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass in diesem Gewässer kein ausgeprägter Bestand vorhanden ist, jedoch die Existenz einzelner Exemplare keinesfalls ausgeschlossen werden kann. Mögliche Maßnahmen zur Entwicklung des Gewässers im Hinblick auf einen Edelkrebsbesatz werden im folgenden Kapitel 7 gegeben.

Die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parametermessungen (siehe Abschnitt 5.2 und Anhang 11) in Teich 3 zeigen Maximal- und Minimalwerte an den gleichen Tagen wie die Messungen in Teich 2 (28.07.2023 und 04.08.2023). Dies scheint nicht verwunderlich, denn beide Teiche sind derselben Witterung ausgesetzt und wurden zu ähnlichen Zeiten beprobt. Grundsätzlich scheint Teich 3 eine wärmere Wassertemperatur aufzuweisen. Dies lässt sich damit erklären, dass dieses Gewässer am weitesten vom Quellbereich entfernt liegt und zusätzlich eine deutlich geringere Beschattung aufweist. Auffälliger gestalten sich die Sauerstoffmessungen, welche im Untersuchungszeitraum eine Spanne zwischen 4,5 mg/l bzw. 48,1 % und 15,84 mg/l bzw. 187 % aufweisen (siehe Abb. 29). Somit liegt dieses Gewässer an einzelnen Tagen nicht mehr im Leitwertbereich und zusätzlich wird die untere Grenze eines Sauerstoffgehalts von 5 mg/l für ein Flusskrebsvorkommen unterschritten (siehe Abschnitt 3.3.3, S. 27). Besonders auffällig ist der Wert der Sauerstoffsättigung von 187 %, welcher eine deutliche Übersättigung des Gewässers anzeigt. Wie bereits in Abschnitt 3.3.3 erläutert, wird die Sauerstoffbilanz eines Gewässers vor allem von sauerstoffverbrauchenden Prozessen, wie z. B. dem Verbrauch durch aquatische Organismen, und von sauerstoffliefernden Prozessen, wie z. B. der Photosynthese von Wasserpflanzen, beeinflusst. Aufgrund der verspäteten Messuhrzeit (17 Uhr) am 28.07.2023 und des sonnigen Wetters an diesem Tag, lässt sich diese Übersättigung auf die vermehrte Photosyntheseleistung von Algen und Makrophyten in diesem Gewässer zurückführen. Der Minimalwert am 04.08.2023 könnte zum einen auf die Uhrzeit der Messung (09:30 Uhr) zurückzuführen sein und zum anderen mit der Tages- bzw. Vortageswitterung zusammenhängen. Diese gestaltete sich als überwiegend bewölkt, sodass eine Photosynthese und damit die Sauerstoffbildung nur bedingt möglich war. Die Werte der Nährstoffmessungen weisen keine auffälligen Besonderheiten auf (siehe Tab. 10) und lassen auf einen guten Zustand des Gewässers schließen. Sie schwankten zwischen den einzelnen Messzeitpunkten minimal, jedoch liegen alle Werte deutlich unterhalb der Grenzwerte der TrinkwV, der GrwV und der Nitrat-RL (siehe Abschnitt 3.3.4, S. 28). Zudem liegen die Werte innerhalb der von Bohl (1989) angeführten Richtwerte, sodass vor diesem Hintergrund ebenfalls von einem geeigneten Lebensraum für Edelkrebse ausgegangen werden kann (siehe Tab. 4 und Tab. 10).

7 Fazit und Ausblick

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist es, mithilfe von eigens entwickelten Modifikationen an den Kehlöffnungen der Pirat-Reuse, die in Abschnitt 2.4.2 (S. 17) beschriebene Größenselektivität zu beeinflussen. Die Modifikationen (siehe Abschnitt 3.2) führen zu einer schrittweisen Verringerung der Kehlöffnungen, wodurch bei einem Einsatz der Reuse im Gewässer ein physisches Hindernis für große Edelkrebse (*Astacus astacus*) geschaffen werden soll, welches wiederum veränderte Konkurrenzbedingungen zur Folge haben kann. Zur Überprüfung besagter Ziele sind zwei Hypothesen aufgestellt worden (siehe Kap. 1), die nun bestätigt oder verworfen werden.

H1) Eine Modifikation im Sinne einer Verkleinerung der Kehlöffnungen beeinflusst die Größenselektivität der Reuse, wodurch sich folglich die Durchschnittskörperlänge der Fänge verringert.

Mithilfe der dargestellten Ergebnisse sowie der Diskussion dieser kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die durchgeführten Modifikationen die Größenselektivität der Pirat-Reuse beeinflussen. Derartige Modifikationen scheinen sowohl ein physisches Hindernis für sehr große Edelkrebse darzustellen als auch eine Veränderung der Konkurrenzbedingungen zu bewirken, wodurch folglich die Größenselektivität beeinflusst wird. Wie in den längenspezifischen Differenzierungen dargestellt, zeigt sich eine verringerte durchschnittliche Körpergröße der Fänge mit abnehmender Größe der Kehlöffnungen. Dies bestätigen die ermittelten Lageparameter (siehe Tab. 8), welche für jede Modifikation sowie für die Referenzreusen angegeben wurden. Der Modus sinkt von 14 cm (R-Fänge) auf 11 cm (M3-Fänge) und der Median von 14 cm (R-Fänge) auf 10 cm (M3-Fänge). In der Diskussion wird deutlich, dass die Abnahme der durchschnittlichen Körpergröße vermutlich größtenteils auf die physischen Hindernisse zurückzuführen ist und die Veränderung der Konkurrenzbedingungen als Folge dieser auftritt.

H2) Eine Modifikation im Sinne einer Verkleinerung der Kehlöffnungen führt dazu, dass sich das Geschlechterverhältnis der Fänge im Vergleich zur Referenzreuse verändert.

Die Modifikationen scheinen eine Beeinflussung des Geschlechterverhältnisses innerhalb der Fänge zur Folge zu haben, denn dieses verschiebt sich zugunsten der Weibchen mit abnehmender Kehlöffnungsgröße. In den R-Fängen erreichten die Männchen ca. 83 % und die Weibchen ca. 17 %. Im Vergleich hierzu erreichten die Männchen in den M3-Fängen nur noch ca. 41 % und die Weibchen ca. 59 % (siehe Tab. 7). In der Diskussion (siehe Abschnitt 6.1) wird deutlich, dass die Veränderung des Geschlechterverhältnisses höchstwahrscheinlich ein Resultat der beeinflussten Größenselektivität darstellt.

Ausblick

Die in dieser Arbeit entwickelten Modifikationen scheinen die Größenselektivität der Pirat-Reusen zu beeinflussen. Demnach ist ein Einsatz modifizierter Reusen in Kombination mit unmodifizierten Reusen im Kontext von Bestands- und Populationsüberprüfungen (bes. Edelkrebse) denkbar und könnte zu genaueren Aussagen über Populationsstrukturen in Bezug auf Alter-, Größen- und Geschlechtszusammensetzung führen. So könnte beispielsweise im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten an einem Bestand mit genauer Kenntnis über die Populationsverhältnisse überprüft werden, wie nah die Fangergebnisse der Reusen (modifizierte und unmodifizierte) an den realen Aufbau der Population heranreichen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Fänge in den M3-Reusen weiterhin eine durchschnittliche Körpergröße von 10 - 11 cm aufweisen und somit (zumindest unter optimalen Bedingungen) überwiegend zwei- bis dreisömmerige Edelkrebse darstellen (siehe Abschnitte 2.3.1, S. 4 und 2.3.3, S. 6). Folglich bieten die modifizierten Reusen keine sichere Erfassungsmethode für sehr junge und sehr kleine Edelkrebse. Durch den vermehrten Fang zwei- bis dreisömmeriger Edelkrebse könnten die M3-Reusen allerdings im Rahmen von Reproduktionsnachweisen zum Einsatz kommen. Einige Studien, welche in Abschnitt 2.4.2 (S. 17) vorgestellt wurden, bieten fundierte und vielversprechende Ansätze für den Fang ein- bis zweisömmeriger (Edel-)Krebse. Wie in Abschnitt 2.4.2 (S. 17) beschrieben kann die Größenselektivität der Pirat-Reuse im Kontext der Entnahme invasiver Flusskrebsarten zu Problemen führen, denn die dauerhafte Entnahme großer dominanter Exemplare (bes. Männchen) kann einen Bestand sogar fördern. Somit wäre ein kombinierter Einsatz modifizierter und unmodifizierter Reusen im Management invasiver Flusskrebse ebenfalls denkbar, denn die Ergebnisse in Kapitel 5 zeigen, dass mit abnehmender Kehlöffnungsgröße die durchschnittliche Körpergröße der Fänge abnimmt. Bei einem kombinierten Einsatz könnten die modifizierten Reusen folglich dazu beitragen, vermehrt kleinere Exemplare invasiver Arten (bes. *Pacifastacus leniusculus*) zu entnehmen, während die unmodifizierten Reusen weiterhin schwerpunktmäßig sehr große (oftmals männliche) Exemplare fangen würden. Auf diese Weise könnte das Management invasiver Flusskrebsarten positiv unterstützt werden, da eine größere Spanne unterschiedlich großer Exemplare abgefangen wird und somit eine reine Verschiebung des Konkurrenzdrucks, wie es unter dem Einsatz unmodifizierter Reusen der Fall wäre, unwahrscheinlicher wird. Diese Überlegungen bieten weitere Anhaltspunkte für zukünftige Forschungsarbeiten. Außerdem ist vor diesem Hintergrund die erhöhte Fängigkeit der M1-Reusen zu erwähnen. Wenn sich diese in weiteren Untersuchungen bestätigen lässt, könnten die modifizierten Reusen (M1) zur vermehrten Entnahme invasiver Arten eingesetzt werden. Ein weiterer Ansatz für kommende Forschungen wurde bereits in der Diskussion (siehe Abschnitt 6.1, S. 53 und 57) angesprochen: Das Verhalten junger und damit kleinerer Edelkrebse

im Zusammenhang mit der Reuse. Unter kontrollierten Bedingungen könnte mithilfe von Kameras überprüft werden, ob es kleineren Edelkrebsen zum Beispiel häufiger gelingt wieder aus der Reuse hinauszufinden und ob diese, wenn sie mit sehr großen Exemplaren zusammen in einer Reuse gefangen werden, gegebenenfalls als erstes in der Reuse waren. Wie in Abschnitt 2.4.2 erläutert, wird zuweilen Hundefutter zur Beköderung eingesetzt. Wie die Diskussion dieser Arbeit jedoch zeigt, könnte der Einsatz von Hundefutter zu einer Abnahme des Fang Erfolgs über die Zeit geführt haben (siehe Abschnitt 6.1, S. 57). Zudem zeigten Kontrollbereuungen mit 18 Referenzreusen von Tammo Beerens unmittelbar nach den Untersuchungen dieser Arbeit am gleichen Gewässer, dass mithilfe von Fischköder in einer Reusennacht 77 Fänge verzeichnet werden konnten (mdl. Mitteilung). Dies übersteigt bei weitem den höchsten Fang Erfolg (max. 31 Fänge pro Reusennacht, siehe Abschnitt 5.1.1) mit modifizierten Reusen und Hundefutter als Köder. Der größte Fang (männlich) von Tammo Beerens wies eine Körpergröße von 16,5 cm auf. Die kleinsten Fänge (weiblich) wiesen eine Körpergröße von 10 cm auf. Eine Ausnahme bildet dabei ein männlicher Fang mit 8 cm Körpergröße. Allerdings könnte der deutlich erhöhte, gegebenenfalls überproportionale Fang Erfolg auch darauf zurückzuführen sein, dass der neue Köder (Fisch) im Gegensatz zu dem zuvor 14 Tage lang verwendeten Köder (Hundefutter) eine interessante Abwechslung geboten hat. Vor diesem Hintergrund kann rückblickend reflektiert werden, dass mit einem anderen Köder (vorzugsweise Fisch) oder aber mit wechselnden Ködern eventuell höhere Fangzahlen und damit andere Ergebnisse hätten erzielt werden können. Diese Überlegungen bieten ebenfalls Anhaltspunkte für weitere Forschungsarbeiten in Bezug auf den Einfluss des Köders auf den Fang Erfolg und auf die Zusammensetzung der Fänge (z. B. Wertigkeit eines Köders, Gewöhnungseffekte, etc.). Nicht zuletzt stellen die entwickelten Modifikationen und das verwendete Material nur eine Möglichkeit dar, wie eine Reuse und damit die Größenselektivität verändert werden könnte. So bieten Kabelbinder eine Reihe von Vorteilen (siehe Abschnitt 3.2.1), welche grundsätzlich eine gute Funktionsweise im Gewässer mit sich bringen. Allerdings bleibt eine Restflexibilität des Materials, welche dazu führen könnte, dass Flusskrebse die Öffnung durch ein leichtes Verschieben der Kabelbinder weiterhin passieren könnten (mdl. Mitteilung H. Groß). Vor diesem Hintergrund könnten weitere Materialien, besonders feste und starre Konstruktionen, auf ihre Funktionalität getestet werden. Bei zukünftigen Anwendungen der in dieser Arbeit entwickelten Modifikationen könnten außerdem wiederverwendbare Kabelbinder genutzt werden, um auf diese Weise ressourcenschonender zu arbeiten.

Teich 3

Es folgt ein Ausblick in Bezug auf die anstehende Gewässererweiterung von Teich 3. Im Hinblick auf den überaus geeigneten Standort, die grundsätzliche Ausstattung der Teichanlage (siehe Abschnitt 4.2) sowie den offenbar sehr guten Bestand an Edelkrebsen in Teich 2 (siehe Abschnitt 5.1) liegt die Überlegung nahe, den dritten Teich (ggfs. erneut) mit Edelkrebsen zu besetzen. Damit diese dort einen geeigneten Lebensraum vorfinden, könnten im Zuge der geplanten Gewässererweiterung zusätzlich Maßnahmen zur Habitatverbesserung vorgenommen werden. Grundsätzlich können hierfür die in Abschnitt 2.3.2 aufgeführten optimalen Bedingungen als Leitbild dienen. So sollte eine vielseitig strukturierte Hydromorphologie mit ausreichend Versteck- und Winterquartiermöglichkeiten angestrebt werden. Ein zentrales Element sollte jedoch die Entnahme der in Teich 3 nachgewiesenen Raubfische sein (siehe Abschnitt 4.2.2), um den Prädationsdruck besonders für junge Edelkrebse herabzusenken (siehe Abschnitt 2.3.7, S. 12). Zusätzlich stellen die bereits in den Ergebnissen (siehe Abschnitt 5.2) vorgestellten niedrigen Sauerstoffverhältnisse ein weiteres Hindernis für eine erfolgreiche Edelkrebswiederansiedlung dar. Diese könnten zum Beispiel durch eine künstliche Belüftung positiv beeinflusst werden (Späh 2023). Grundsätzlich stellt Teich 3, gegebenenfalls nach den vorgeschlagenen Maßnahmen, jedoch ein geeignetes Gewässer für einen Edelkrebsbesatz dar.

Fehleranalyse

Abschließend folgt eine kurze Fehleranalyse mit rückblickender Reflektion. Im Zuge der Vorbereitungen wurde jede Reuse mit einem Seil zur Fixierung im Gelände versehen. Das Seil wurde mittels einer Schlaufe am Click-Verschluss befestigt. Beim Auswerfen einer Reuse in Teich 3 stellte sich jedoch heraus, dass sich die Schlaufe vom Verschluss löst sobald sich die Reuse im Gewässer öffnet und somit keine Verbindung mehr zur Reuse besteht. Zweiteres sollte nicht passieren, da es eine große Gefahr für die Tiere im Gewässer bietet. Die offene Reuse konnte unmittelbar danach geborgen werden, jedoch stellte sich die Fixierungsmethode als nicht geeignet heraus und wurde mit sofortiger Umsetzung durch einen Knoten an den außenliegenden Ösen ersetzt. Ein weiterer Aspekt im persönlichen Learning stellt die Messmethode der Körpergrößen dar. Diese geschah mittels einer Weißschale mit Messskala in 0,5 cm-Schritten. Bei der Betrachtung der Ergebnisse (siehe Kap. 5) fällt auf, dass deutlich mehr Fänge mit „vollen“ Körpergrößen (z. B. 12 cm, 13 cm) als Fänge mit „halben“ Körpergrößen (z. B. 12,5 cm, 13,5 cm) zu verzeichnen sind. Dies könnte auf die gewählte Messmethode zurückzuführen sein und sollte in weiteren Forschungsarbeiten möglicherweise mitbedacht werden. Eine mögliche Alternative zu der Weißschale mit Messskala stellt ein Messschieber dar. Wie bereits erwähnt, können die Ergebnisse von Bereusungen keine adäquaten Aussagen über die Populationsstrukturen von Flusskrebbsbeständen liefern (siehe Abschnitt 2.4.2). Vor diesem Hintergrund wäre der Einsatz einer Fang-Wiederfang-Methode sicherlich hilfreich gewesen und hätte gegebenenfalls zu genaueren Aussagen über die beprobte Population führen können.

8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Bereusung, welche heute die bevorzugte Erfassungs- und Managementmethode im Kontext heimischer und invasiver Flusskrebsarten darstellt (siehe Abschnitt 2.4.2) (Waldmann 2019). Die Fangergebnisse der Reusen zeigen oftmals eine Verschiebung hin zu großen Flusskrebsen und zudem sind weibliche Exemplare häufig unterrepräsentiert (Gherardi et al. 2011; Chucholl und Brinker 2017; Green et al. 2018). Diese Größenselektivität kann kontextabhängig zu Problemen führen, weshalb im Rahmen dieser Arbeit Modifizierungen zur Beeinflussung dieser entwickelt und getestet wurden.

Insgesamt wurden drei Modifizierungen der Kehlöffnungen der Pirat-Reuse entwickelt und in einem Stillgewässer im mittleren Teutoburger Wald, genauer in einer Teichanlage auf den Flächen des Bielefelder Golf Clubs, über 14 Reusennächte im Juli und August 2023 getestet. Die Modifizierungen verringern die Größe der Kehlöffnung in drei Schritten und sollen dadurch in erster Linie die Größenselektivität der Reusen verändern. Zur Vergleichbarkeit wurden unveränderte Referenzreusen bei den Untersuchungen mit eingesetzt, deren Maße der Kehlöffnungen ca. 9 cm x 5 cm betragen (siehe Abschnitt 3.2, S. 20). Während der Entwicklung stand neben der Wirksamkeit auch die Praktikabilität im Mittelpunkt, sodass eine spätere Anwendung durch Fischereischeininhabende so einfach wie möglich ist. So wurden im Vorfeld verschiedene Materialien und Vorgehensweisen experimentell erprobt, um eine möglichst große Bandbreite an Optionen abzudecken. Schließlich wurden die Modifizierungen mit Kabelbindern mit einer Länge von 200 mm und einer Breite von 4,8 mm durchgeführt. Sie weisen folgende Maße und Bezeichnungen auf:

- M1 = Reuse mit Modifizierung M1: Maße der Kehlöffnung ca. 6,5 cm x 5 cm;
- M2 = Reuse mit Modifizierung M2: Maße der Kehlöffnung ca. 5,5 cm x 5 cm;
- M3 = Reuse mit Modifizierung M3: Maße der Kehlöffnung ca. 4,5 cm x 5 cm.

Im Zuge der Bereusungen wurden insgesamt im Hauptuntersuchungsgewässer (Teich 2) 323 Fänge verzeichnet, wobei es sich bei 225 Fängen um Männchen und bei 98 Fängen um Weibchen handelte. Dies entspricht einem Geschlechterverhältnis von ca. 70 % Männchen und ca. 30 % Weibchen (siehe Tab. 6). Das vorrangige Ziel der Modifizierungen war es, durch die Verringerung der Kehlöffnungsgröße ein physisches Hindernis zu erschaffen, welches die sehr großen Exemplare (männlich und weiblich) bereits ausschließt. Zur Überprüfung des Ziels wurden die Fänge je nach Modifikationstyp längenspezifisch ausgewertet und zudem zwei Lageparameter ermittelt (Median und Modus), um die Verteilung der Fänge genauer interpretieren zu können. So zeigt sich bei der längenspezifischen Auswertung der Fänge, dass die

Referenzreusen die zuvor beschriebene Größenselektivität mit einer Verschiebung hin zu männlichen Flusskrebse bestätigen. In diesen Reusen ist ein Männchen-Anteil von ca. 83 % mit einem Schwerpunkt auf sehr großen Exemplaren (Modus und Median = 14 cm) zu verzeichnen. Im Gegensatz hierzu liegt der Median der M3-Reusen bei 10 cm und der Modus bei 11 cm, sodass eine Verringerung der durchschnittlichen Körpergröße mit abnehmender Kehlöffnungsgröße festgestellt werden kann (bis zu 4 cm). Die Lageparameter der beiden anderen Modifikationen (M1 und M2) liegen absteigend dazwischen (siehe Tab. 8). Neben der Abnahme der durchschnittlichen Körpergröße konnte eine Veränderung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Weibchen mit abnehmender Kehlöffnungsgröße beobachtet werden. Die Referenzreusen weisen einen Weibchen-Anteil von ca. 17 % auf und in den M3-Reusen steigt dieser auf ca. 59 % an (siehe Tab. 8). Zudem zeigten die Reusen eine unterschiedliche Fängigkeit, welche im Verlauf des Untersuchungszeitraumes grundsätzlich abnahm. Besonders deutlich wird die unterschiedliche Fängigkeit im Kontext der Modifizierungen: Die Referenzreusen weisen 93 Fänge auf, die M1-Reusen 121 Fänge, die M2-Reusen 70 Fänge und die M3-Reusen lediglich 39 Fänge (siehe Tab. 7). Diese abnehmende bzw. unterschiedlich ausfallende Fängigkeit lässt sich, wie in der Diskussion angeführt, vermutlich darauf zurückführen, dass die Reusen für eben jene Exemplare entwickelt wurden, welche im Zuge der Modifizierungen ausgeschlossen werden: Große, konkurrenzstarke, oftmals männliche Individuen (siehe Abschnitte 2.4.2, S. 17 und 6.1 Teich 2). Neben den Datenerhebungen zum Edelkrebsfang wurden zusätzlich chemisch-physikalische Parameter in Form einer Messkampagne über den gesamten Untersuchungszeitraum erhoben. Außerdem wurden dreimalig Nährstoff-Messungen (Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-) und Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$)) sowie einmalig eine Gesamthärte-Messung durchgeführt (siehe Abschnitt 3.3.4). So wurde das Gewässer ganzheitlich in Bezug auf seinen Zustand sowie auf die Eignung als Lebensraum für Edelkrebse erfasst. Zu den aufgenommenen chemisch-physikalischen Parameter gehören die Wasser- und Lufttemperatur, der pH-Wert, die Sauerstoffsättigung und der -gehalt sowie die elektrische Leitfähigkeit (siehe Abschnitt 3.3.3). Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen, dass der Untersuchungsraum grundsätzlich einen guten ökologischen Zustand aufweist und auch als Lebensraum für Edelkrebse bestens geeignet ist (siehe Abschnitt 6.1, S. 58).

Zusätzlich zu den Hauptuntersuchungen in Teich 2 haben Nebenuntersuchungen in Teich 3 stattgefunden, da Unsicherheiten bestanden, ob dieses Gewässer aktuell von Edelkrebsen besiedelt ist. Aufgrund einer anstehenden Gewässererweiterung im Herbst/Winter 2023 hatten sowohl der Bielefelder Golf Club als auch das Umweltamt der Stadt Bielefeld ein Interesse an der Aufklärung (siehe Abschnitt 3.1). Die Datenerhebungen (Edelkrebsfang, Aufnahme chemisch-physikalischer Parameter, Nährstoff- und Gesamthärte-Messungen) folgten dabei dem exakt

gleichen Prinzip wie dem des Hauptuntersuchungsgewässers (siehe Abschnitt 3.4). Im Verlauf der 14 Reusennächte konnten in Teich 3 zwei Fänge verzeichnet werden. Hierbei handelt es sich um zwei männliche Fänge mit einer Größe von 15 cm (siehe Abschnitt 5.2). Einzelne Exemplare können demnach in diesem Gewässer nicht ausgeschlossen werden und sollten bei der Umbaumaßnahme mitbedacht werden. Die Ergebnisse der weiteren gewässerkundlichen Parameter (chemisch-physikalische Parametern, Nährstoffe, Gesamthärte) deuten darauf hin, dass dieser Teich grundsätzlich einen geeigneten Lebensraum für Edelkrebse darstellt (siehe Abschnitt 5.2). Im Hinblick auf die stark schwankenden Sauerstoffwerte (Minimum 4,5 mg/l und Maximum 15,84 mg/l) sollte jedoch bedacht werden, dass Flusskrebse zwar unter unzureichenden Sauerstoffverhältnissen zeitweise überleben können, aber Sauerstoffwerte unter 5 mg/l keinesfalls den optimalen Bereich darbieten (siehe Abschnitt 2.3.2, S. 6). Sollte es im Zuge der Gewässererweiterung zu einem Edelkrebsbesatz kommen, ist im Vorfeld eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse in diesem Gewässer zu empfehlen. Grundsätzlich ist jedoch auch dieses Gewässer besonders aufgrund der isolierten Lage, der privaten Nutzung und dem ausgeprägten naturschutzfachlichen Interesse des Golfclubs für einen Edelkrebsbesatz geeignet.

Quellenverzeichnis

Bohl, E. (1989): Ökologische Untersuchungen an ausgewählten Gewässern zur Entwicklung von Zielvorstellungen des Gewässerschutzes. Untersuchungen an Flußkrebsbeständen. Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung.

Bohn, U. und Weiß, W. (2003): Die potenzielle natürliche Vegetation. In: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Klima, Pflanzen- und Tierwelt: 84 - 87.

Böse, M., Ehlers, J. und Lehmkuhl, F. (2018): Deutschlands Norden. Vom Erdaltertum zur Gegenwart. Berlin: Springer.

Breithaupt, T. und Thiel, M. (Hg.) (2011): Chemical Communication in Crustaceans. New York: Springer Science.

Bundesamt für Naturschutz (2011): Biogeografische Regionen und naturräumliche Haupteinheiten Deutschlands. Basierend auf dem System von Meynen/Schmithüsen et al. (1953 - 1962) verändert durch Ssymank (1994). <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/biogeografische-regionen-und-naturraeumliche-haupteinheiten-deutschlands> (10.11.2023).

Bundesamt für Naturschutz (2017): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde aquatische Pilze, Niedere Pflanzen und Wirbellose Tiere. BfN-Skripten 458. Von Wolfgang Rabitsch und Stefan Nehring. <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript458.pdf> (04.11.2023).

Bundesamt für Naturschutz (2022): Liste der in Deutschland vorkommenden Arten der Anhänge II, IV, V der FFH-Richtlinie (92/43/EWG). file:///D:/Downloads/artenliste_20220622_bf.pdf (09.10.2023).

Bundesamt für Naturschutz (2023a): Grundlagen: Neobiota und Invasive Arten. Neobiota.de-Team des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn. <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-invasive-arten.html> (08.09.2023).

Bundesamt für Naturschutz (2023b): Unionsliste: Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung (Unionsliste). Neobiota.de-Team des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn. <https://neobiota.bfn.de/unionsliste/art-4-die-unionsliste.html> (07.10.2023).

Bundesamt für Naturschutz (2023c): Recht und Vollzug: Schwerpunkt Natura 2000; Arten. <https://www.bfn.de/arten> (09.10.2023).

Bundesanstalt für Länderkunde (Hg.) (1959): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 85 Minden. In: Geographische Landesaufnahme 1:200.000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Bearbeitet von Sofie Meisel. Remagen: Selbstverlag.

Chadwick, D., Pritchard, E., Bradley, P., Sayer, C., Chadwick, M., Eagle, L. und Axmacher, J. (2020): A novel `triple drawdown` method highlights deficiencies in invasive alien crayfish survey and control techniques. In: Journal of Applied Ecology (00): 11 Seiten.

Cheng, Z., Folkins, M., Huang, L. und Li, Y. (2022): Comparing Catch Efficiency of Crayfish (*Procambarus clarkii*) Traps with Different Entrance Numbers. In: Journal of Marine Science and Engineering (10): 9 Seiten.

Chucholl, C. und Brinker, A. (2017): Der Schutz der Flusskrebse – Ein Leitfaden. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (Hg.). Stuttgart.

Climate-Data (2023): Europa. Deutschland. Nordrhein-Westfalen: Bielefeld. <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/nordrhein-westfalen/bielefeld-2112/> (28.10.2023).

Daněk, T., Musil, J., Vlašánek, P., Svobodová, J., Barteková, T., Štrunc, D., Barankiewicz, M., Bouše, E., Svobodová, E., Johnson, S. und Andersen, O. (2019): Movement patterns of juvenile and adult noble crayfish (*Astacus astacus*) in a small stream, determined by radiotelemetry. In: Annales de Limnologie – International Journal of Limnology (55): 6 Seiten.

Dokulil, M., Hamm, A. und Kohl, J.-G. (Hg.) (2001): Ökologie und Schutz von Seen. Wien: UTB, 1. Auflage.

Edelkrebsprojekt NRW (Hg.) (2010): Bestimmungsschlüssel der in NRW vorkommenden Flusskrebsarten. Version 4.

Edelkrebsprojekt NRW (Hg.) (2019): Flusskrebse in Nordrhein-Westfalen: Biologie, Bestimmung, Gefährdung, Schutz. Bad Münstereifel-Schönau, 7. Auflage.

Engel-Netze GmbH & Co. KG (2023): Fanggeräte / Fangkörbe, Fischfallen / Krebskorb PI-RAT. <https://engelnetze.com/krebskorb-pirat/> (11.09.2023).

Felgentreff, C. (2020): Statistische Methoden in der Geographie. Skript zur gleichnamigen Veranstaltung des Instituts für Geographie, Universität Osnabrück Wintersemester 2020/2021: 37 Seiten.

Füreder, L. (Hg.) (2009): Flusskrebse: Biologie – Ökologie – Gefährdung. Veröffentlichungen des Naturmuseums Südtirol: Folio Verlag.

Garten, J. (2023): Fragenkatalog zu den Teichen auf dem Bielefelder Golfclub-Gelände im Rahmen der Bachelorarbeit von Katharina Freese zum Thema „Flusskrebse“. 3 Seiten.

Geologischer Dienst NRW (Hg.) (2003): Geologie im Weser- und Osnabrücker Bergland. Neuss: Meinke GmbH.

Geologischer Dienst NRW (Hg.) (2014): Bielefeld Blatt L 3916. Geologische Detaildarstellung (1:50.000) auf Grundlage der TK 50, Auszug aus dem Fachinformationssystem Geologie von Nordrhein-Westfalen, 10. Auflage. Krefeld. <https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geologie/geologie/GK/ISGK50/GK50analog/> (12.11.2023).

Geologischer Dienst NRW (Hg.) (2022): Geologie und Boden in Nordrhein-Westfalen. Krefeld: 157 Seiten.

Gherardi, F., Aquiloni, L., Diéguez-Uribeondo, J. und Tricarico, E. (2011): Managing invasive crayfish: is there a hope? In: Aquatic Sciences (2): 185 - 200.

Goessmann, C., Hemelrijk, C. und Huber, R. (2000): The information and maintenance of crayfish hierarchies: behavioral and self-structuring properties. In: Behavioral Ecology and Sociobiology (48): 418 - 428.

Green N., Bentley, M., Stebbing, P., Andreou, D. und Britton, R. (2018): Trapping for invasive crayfish: comparisons of efficacy and selectivity of baited traps *versus* novel artificial refuge traps. I: Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems (419, 15): 9 Seiten.

Hager, J. (2018): Flusskrebse: Biologie, Zucht, Bewirtschaftung. Graz, Stuttgart: Leopold Stocker Verlag, 3. Auflage (PRAXIS).

Holdich, D. M. (Hg.) (2002): Biology of freshwater crayfish. Oxford: Blackwell Science Ltd.

Interessengemeinschaft Teutoburger Wald e. V. (2012): Naturführer Teutoburger Wald – Pflanzen, Tiere, Fossilien. In: Kalk, Natur und Landschaft – Schriftenreihe der Interessengemeinschaft Teutoburger Wald e. V., Band 2, 2. Auflage.

Johnson, S., Skurdal, J., Taugbøl, T. und Garnås, E. (2014): Effect of mesh size on baited trap catch composition for noble crayfish (*Astacus astacus*). In: Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (413): 7 Seiten.

Kowarik, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. In: TUEXENIA (7): 53 - 67.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2023a): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen, Pilze und Tiere in Nordrhein-Westfalen. Rote Liste und Artenverzeichnis der Flusskrebse – Astacidae et Cambaridae – in Nordrhein-Westfalen. <https://www.lanuv.nrw.de/natur/artenschutz/rote-liste> (07.10.2023). Stand Juni 2010, 2. Fassung.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2023b): Klimaatlas NRW: Klima NRW Monitoring: Klimaentwicklung: Lufttemperatur. <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-monitoring/klimaentwicklung/lufttemperatur/durchschnittliche-jahreslufttemperatur> (28.10.2023).

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2023c): Klimaatlas NRW: Klima NRW Monitoring: Klimaentwicklung: Niederschlag. <https://www.klimaatlas.nrw.de/klima-nrw-monitoring/klimaentwicklung/niederschlag/durchschnittliche-jahresniederschlagssumme> (28.10.2023).

Landschaftsverband Westfalen-Lippe (2015): Potenzielle natürliche Vegetation in Westfalen. Von Richard Pott. In: Geographische Kommission für Westfalen: 2 Seiten. <https://www.westfalen-regional.de/de/vegetation/> (29.10.2023).

Landschaftsverband Westfalen-Lippe (2017): Die Weser und ihr Gewässereinzugsgebiet in Westfalen. Von Horst Pohlmann. In: Geographische Kommission für Westfalen: 2 Seiten. <https://www.westfalen-regional.de/de/weser/> (29.10.2023).

Landschaftsverband Westfalen-Lippe (2019): Der Teutoburger Wald. Von Richard Pott. In: Geographische Kommission für Westfalen: 2 Seiten. https://www.westfalen-regional.de/de/teutoburger_wald/ (29.10.2023).

Lundberg, U. (2004): Behavioural Elements of the Noble Crayfish, *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758). In: Crustaceana 77 (2): 137 - 162.

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG (2023): Wasseranalytik: Visuelle Testbestecke. <https://www.mn-net.com/de/wasseranalytik/visuelle-testbestecke/?p=5> (19.10.2023).

Manfrin, C., Souty-Grosset, C., Anastácio, P., Reynolds, J. und Giulianini, P. (2019): Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods. In: Diversity (1): 16 Seiten.

Meschede, M. (2018): Geologie Deutschlands. Berlin, Heidelberg: Springer, 2. Auflage.

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2023): RECHT.NRW.DE – Geltende Gesetze und Verordnungen: Verordnung zum Landesfischereigesetz (Landesfischereiverordnung). https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=100000000000000000523 (09.10.2023).

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2023a): Wasser. Grundwasser. Güteparameter. Grundprogramm des NLWKN: Ammonium. https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/grundprogramm_des_nlwkn/ammonium/Ammonium-137593.html#:~:text=Hohe%20Ammoniumgehalte%20im%20Grundwasser%20weisen,0%2C5%20mg%2F1 (28.11.2023).

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2023b): Wasser. Grundwasser. Güteparameter. Grundprogramm des NLWKN: Nitrit. https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/grundprogramm_des_nlwkn/nitrit/Nitrit-137606.html (28.11.2023).

Peay, S. (2004): Keynote – A cost-led evaluation of survey methods and monitoring for white-clawed crayfish. Lessons from the UK. In: Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture (2004): 335 - 352.

Pöckl, M. (1998): Nahrung und Ernährung der Flußkrebse. In: Stapfia (58): 157 - 166.

Pritchard, E., Chadwick, D., Patmore, I., Chadwick, M., Bradley, P., Sayer, C. und Axmacher, J. (2021): The `Pritchard-Trap`: A novel quantitative survey method for crayfish. In: Ecological Solutions and Evidence (2): 12 Seiten.

Quaas, S. (2021): Untersuchung potentieller Auswirkungen invasiver aquatischer Tiere auf einheimische Arten am Beispiel der Einflüsse des Signalkrebses (*Pacifastacus leniusculus*) auf die FFH-Anhangsart Mühlkoppe (*Cottus gobio*) in der Düte im Osnabrücker Land. Masterarbeit. Universität Osnabrück, Hochschule Osnabrück.

Schwoerbel, J. und Brendelberger, H. (2022): Einführung in die Limnologie. Stoffhaushalt – Lebensgemeinschaften – Technologie. Berlin, Heidelberg: Springer, 11. Auflage.

Späh, H. (2023): Elektrotestbefischung der Teichanlage des Golfplatzes. Unveröffentlichter Bericht vom 06.10.2023.

Spektrum (2023a): Lexikon der Biologie: agonistisches Verhalten. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/agonistisches-verhalten/1530> (10.10.2023).

Spektrum (2023b): Lexikon der Biologie: pH-Wert. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/ph-wert/51440> (19.10.2023).

Stadt Bielefeld (2021): Statistik kompakt: Bielefeld bei Wind und Wetter. Ausgabe 02/2021, Presseamt/Statistikstelle. https://www.bielefeld.de/sites/default/files/datei/2021/Bielefeld_Statistik_kompakt_02_2021-Wetter.pdf (28.10.2023).

Stadt Bielefeld (2023a): Amt für Geoinformation und Kataster. onlineKARTEN: Natur und Umwelt. https://stadtplan.bielefeld.de/app/natur_online/#?sidebar=overlay&map=8,467890.15939,5761001.49408,EPSG:25832&layers=stadtplan_bi_gruen&groupOrder=&sidebarStatus=open (29.10.2023).

Stadt Bielefeld (2023b): Umweltamt – Naturschutzgebiete: Krebsbach- und Horstbachtal. <https://www.bielefeld.de/node/5178> (01.11.2023).

Theissing, K., Edsman, L., Maguire, I., Diéguez-Uribeondo, J. und Jussila, J. (2021): Editorial: Conservation of European Freshwater Crayfish. In: *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2021 (9): 4 Seiten.

Umweltamt Stadt Bielefeld (2023): Informationen zur Teichanlage am Nebengewässer 11.15.03.01 und Anlage 1_Übersichtskarte. Schriftliche Mitteilung per E-Mail am 07.11.2023.

Umweltbundesamt (Hg.) (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung – Referenzbedingungen und Qualitätsziele. Forschungsbericht 200 24 226. Berlin.

Umweltbundesamt (2010): Seen: Zustand; Nutzung und Belastungen; Überwachung und Bewertung. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen#wissenswertes> (18.07.2023).

Umweltbundesamt (2023a): Umweltindikatoren. Indikator: Eutrophierung von Flüssen durch Phosphor. Vom 27.03.2023. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-eutrophierung-von-fluessen-durch-phosphor#die-wichtigsten-fakten> (28.11.2023).

Umweltbundesamt (2023b): Umweltindikatoren. Indikator: Nitrat im Grundwasser. Vom 15.09.2023. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-nitrat-im-grundwasser#die-wichtigsten-fakten> (28.11.2023).

Umweltbundesamt und Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2023): Gewässerbewertung. Seen. https://www.gewaesser-bewertung.de/index.php?article_id=31&clang=1 (17.07.2023).

Waldmann, B. (2019): Flusskrebse in Deutschland. Aktueller Stand der Verbreitung heimischer und invasiver gebietsfremder Flusskrebse in Deutschland – Überblick über die erfolgten Schutzmaßnahmen und den damit verbundenen Erfahrungen – Vernetzung der Akteure im Flusskrebsschutz. Masterthesis. Universität Koblenz-Landau.

Zöller, L. (Hg.) (2017): Die Physische Geographie Deutschlands. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG).

Anhang

- Anhang 1 – Bildliche Darstellungen der Reuse und Köderbehältnisse
- Anhang 2 – Protokoll für den Edelkrebsfang
- Anhang 3 – Naturräume und Großlandschaften Deutschlands
- Anhang 4 – Übersichtskarte: Gewässersystem im Untersuchungsraum
- Anhang 5 – Gewässereinzugsgebiet der Weser in Westfalen
- Anhang 6 – Untersuchungsgewässer: Teichanlage auf dem Golfplatz
- Anhang 7 – Ergebnisse Edelkrebsfang Teich 2 Paket 1 bis Paket 4
- Anhang 8 – Standortbezogene Darstellung des Fangerfolgs in Teich 2
- Anhang 9 – Modifikationsbezogene Darstellung des Fangerfolgs in Teich 2
- Anhang 10 – Ergebnisse der Messkampagne der chemisch-physikalischen Parameter in Teich 2
- Anhang 11 – Ergebnisse der Messkampagne der chemisch-physikalischen Parameter in Teich 3

Digitaler Anhang:

- Ausnahmegenehmigung für den Untersuchungszeitraum
- Ergebnisse der Messungen der chemisch-physikalischen Parameter, der Nährstoffe und der Gesamthärte in Teich 1
- Geländeprotokolle: Teich 1, Teich 2, Teich 3
- Anleitung zur Durchführung der Modifikation 1
- Anleitung zur Durchführung der Modifikation 2
- Anleitung zur Durchführung der Modifikation 3
- Anleitung zum Bau einer „Secci-Scheibe“
- Anleitung zum Bau eines Köderbehältnisses

Anhang 1 – Bildliche Darstellungen der Reuse und Köderbehältnisse

Abb. 31: Draufsicht der geschlossenen Pirat-Reuse (Freese 2023).



Abb. 32: Originales Köderkörnchen der Pirat-Reuse (Freese 2023).



Abb. 33: Selbst erstelltes Köderbehältnis (Freese 2023).

Anhang 2 – Protokoll für den Edelkrebsfang

Gewässer:	Paket:				Datum:			
Größe	Anzahl und Geschlecht der Edelkrebse in den Reusen:							
[bezogen auf den Durchmesser der Kehlöffnung]	R		M1		M2		M3	
	m	w	m	w	m	w	m	w
< 4 cm								
4,5 cm								
5 cm								
5,5 cm								
6 cm								
6,5 cm								
7 cm								
7,5 cm								
8 cm								
8,5 cm								
9 cm								
9,5 cm								
10 cm								
10,5 cm								
11 cm								
11,5 cm								
12 cm								
12,5 cm								
13 cm								
13,5 cm								
14 cm								
14,5 cm								
15 cm								
15,5 cm								
> 16 cm								
Σ								

Anhang 3 – Naturräume und Großlandschaften Deutschlands



Abb. 34: Naturräume und Großlandschaften Deutschlands (BfN 2011: o. S.).

Anhang 4 – Übersichtskarte: Gewässersystem im Untersuchungsraum

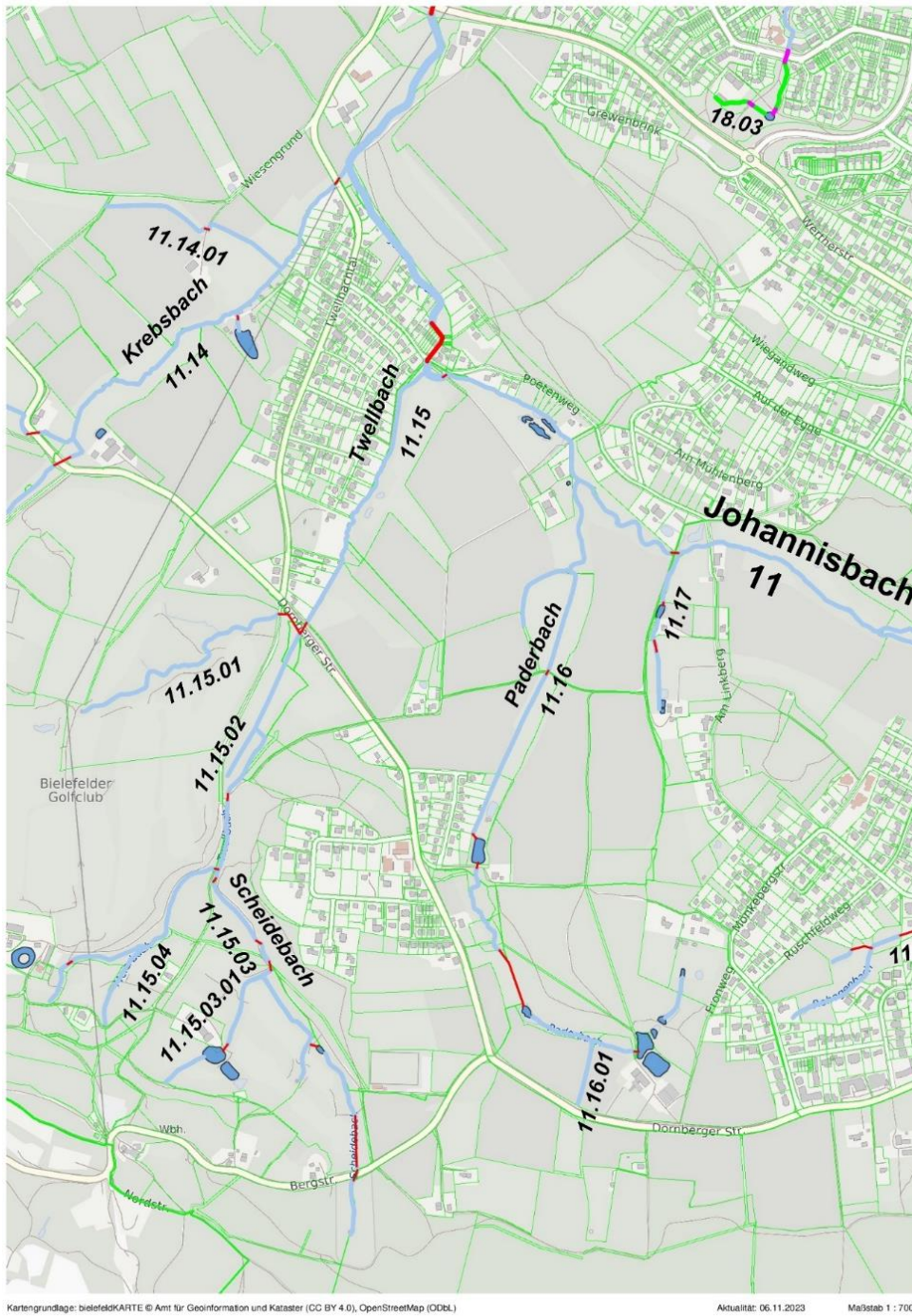


Abb. 35: Gewässersystem im Untersuchungsraum (Umweltamt Stadt Bielefeld 2023).

Anhang 5 – Gewässereinzugsgebiet der Weser in Westfalen



Abb. 36: Das Gewässereinzugsgebiet der Weser in Westfalen und den angrenzenden Regionen (LWL 2017: 2).

Anhang 6 – Untersuchungs-gewässer: Teichanlage auf dem Golfplatz

Abb. 37: Die Teichanlage mitsamt der Golfbahn und den Hängen des Teutoburger Waldes (Freese 2023).



Abb. 38: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 (Freese 2023).



Abb. 39: Hauptuntersuchungsgewässer Teich 2 nach dem Unwetter am 07.07.2023 (Freese 2023).

Anhang 7 – Ergebnisse Edelkrebsfang Teich 2 Paket 1 (weiß)

Paket	Datum [tt.mm.jjjj]	Reuse	Anzahl Edelkrebse	Geschlecht	Größe [cm]	Bemerkung	Befang
I - weiß	25.07.2023	R	5	w	7,5		
				m	15		
				m	15		
				m	15		
	26.07.2023	M1	2	m	12		
				m	13		
				m	12,5		
				m	13,5		
	27.07.2023	M2	2	m	8		
				m	15		
				m	15	linke Schere fehlend	
				m	14		
	28.07.2023	M3	1	m	12		
				m	15		
				m	14,5		
				m	13		
	29.07.2023	R	3	m	15		
				m	15		
m				14,5			
m				13			
30.07.2023	M1	2	m	15			
			m	14			
			m	13,5			
			w	10			
31.07.2023	M2	2	m	15			
			m	14			
			m	13			
			w	11			
01.08.2023	M3	1	m	15			
			m	14			
			m	13			
			m	13			
02.08.2023	R	2	m	13			
			m	14			
			m	13			
			m	13			
03.08.2023	M1	4	m	11,5			
			w	11			
			m	9			
			w	8,5			
04.08.2023	M2	4	m	10			
			m	11			
			m	10			
			m	11			
05.08.2023	M3	0	m	11			
			m	6			
			m	8,5			
			m	8,5			
06.08.2023	R	4	m	8,5			
			m	11,5			
			m	13,5			
			m	12			
07.08.2023	M1	3	m	14			
			m	11			
			w	11			
			w	11			
08.08.2023	M2	1	w	10			
			m	14			
			m	8,5			
			m	9			
09.08.2023	M3	2	m	14			
			m	13			
			m	14			
			w	11			
10.08.2023	R	2	m	12			
			m	10			
			w	13			
			w	12			
11.08.2023	M1	3	w	8,5			
			m	14			
			m	13			
			w	12			
12.08.2023	M2	3	w	10			
			m	14			
			m	8,5			
			m	9			
13.08.2023	M3	1	w	9			
			m	14			
			m	13			
			m	8			
14.08.2023	R	2	m	14			
			m	13			
			m	8			
			m	9,5			
15.08.2023	M1	4	m	14,5			
			m	13			
			m	8			
			m	11,5			
16.08.2023	M2	2	m	8			
			m	8			
			m	14			
			m	15			
17.08.2023	M3	0	m	10			
			w	13			
			w	11			
			w	11			
18.08.2023	R	1	m	14			
			m	14			
			m	8,5			
			m	8			
19.08.2023	M1	1	w	8			
			w	11			
			w	10			
			w	13			
20.08.2023	M2	6	w	13			
			w	9			
			w	10,5			
			w	10,5			
21.08.2023	M3	2	m	13			
			m	13,5			
			m	10,5			
			m	10			
22.08.2023	R	2	m	7			
			m	9			
			m	14			
			m	14,5			
23.08.2023	M1	2	m	10,5			
			m	10			
			m	7			
			m	9			
24.08.2023	M2	2	m	14			
			m	14,5			
			w	14,5	Scherenspitzen bs. abgebrochen		
			w	11			
25.08.2023	M3	0	w	13			
			w	12,5			
			w	13			
			w	12,5			
26.08.2023	R	1	m	14			
			m	15			
			m	14,5			
			m	10,5			
27.08.2023	M1	3	m	10,5			
			m	10			
			w	7			
			w	9			
28.08.2023	M2	1	m	14			
			m	15			
			w	14,5			
			w	10,5			
29.08.2023	M3	0	w	13			
			w	13			
			w	13			
			w	13			
30.08.2023	R	1	m	15			
			m	12			
			m	14			
			w	10,5			
31.08.2023	M1	3	w	13			
			w	13			
			w	13			
			m	10			
Σ			106				

Anhang 7 – Ergebnisse Edelkrebsfang Teich 2 Paket 2 (schwarz-reflektierend)

Paket	Datum [tt.mm.jjjj]	Reuse	Anzahl Edelkrebse	Geschlecht	Größe [cm]	Bemerkung	Beifang	
2 - schwarz-reflektierend	25.07.2023	R	0					
		M1	2	m	14			
		M2	0					
		M3	3	m	11			
				w	13			
	26.07.2023	R	2	m	13			
				m	14,5			
		M1	3	m	15,5			
				m	14			
				m	13	linke Schere kleiner		
		M2	2	m	13			
				w	13	linke Schere fehlend		
	M3	1	m	5				
	27.07.2023	R	0					
		M1	5	m	15			
				m	14			
				m	14			
				m	13			
				w	12			
	M2	1	m	14	linke Schere fehlend			
	M3	1	w	12				
	28.07.2023	R	0					
		M1	2	m	13			
				m	13			
		M2	5	m	13			
				w	11			
				w	13			
				w	9,5			
				w	8			
		M3	2	m	11			
	m			11				
	29.07.2023	R	2	m	14,5			
		M1	1	m	13			
				m	13			
		M2	4	m	13			
				m	11			
m				13				
M3		2	w	12				
	w		9					
			w	10,5				
30.07.2023	R	3	m	15				
			w	13				
			w	13				
	M1	3	m	14	rechte Schere fehlend			
			m	13				
			w	12	linke Schere fehlend			
	M2	2	m	13				
			m	14				
	M3	3	m	5				
			w	6				
			w	11				
31.07.2023	R	1	m	15				
	M1	3	m	15				
			m	13				
	M2	2	w	14				
			m	8,5				
M3	0	m	11					
01.08.2023	R	1	m	14				
	M1	2	m	14,5				
			w	10,5				
	M2	1	m	9				
	M3	2	w	13				
w			13					
02.08.2023	R	0						
	M1	2	m	14				
			m	13				
	M2	3	w	13				
w			12					
M3	0							
03.08.2023	R	1	m	14,5				
	M1	2	m	14				
			m	14				
	M2	1	w	8				
M3	1	w	12					
04.08.2023	R	1	w	13				
	M1	1	m	13,5	linke Schere fehlend			
	M2	0						
M3	0							
05.08.2023	R	2	m	14,5				
			m	13				
	M1	0						
	M2	0						
06.08.2023	R	0						
	M1	1	w	6,5				
	M2	1	w	13				
	M3	1	m	9				
07.08.2023	R	0						
	M1	1	w	7				
	M2	0						
	M3	3	m	10				
			w	12				
			w	11				
		Σ	82					

Anhang 7 – Ergebnisse Edelkrebsfang Teich 2 Paket 3 (rot)

Paket	Datum [tt.mm.jjjj]	Reuse	Anzahl Edelkrebs	Geschlecht	Größe [cm]	Bemerkung	Beifang
3 - rot	25.07.2023	R	3	m	14,5		
				m	14,5		
				m	15		
		M1	3	m	14		
				m	15		
	M2	1	m	14	linke Schere fehlend		
	M3	0					
	26.07.2023	R	2	m	15		
				m	14,5		
		M1	3	m	15		
				m	14,5		
				m	14,5		
	M2	1	m	14			
	M3	1	w	11			
	27.07.2023	R	2	m	14,5		
				m	14,5		
		M1	2	m	14,5		
				m	14,5		
		M2	0				
	M3	0					
	28.07.2023	R	1	m	15		
				w	12		
		M1	3	w	11		
				w	13,5		
M2		1	m	14,5			
M3	0						
29.07.2023	R	1	m	13			
			m	13			
	M1	3	w	13			
			w	14			
	M2	1	m	14	linke Schere fehlend		
M3	0						
30.07.2023	R	2	m	14			
			w	14	Verletzung Rückenpanzer		
	M1	3	m	11,5			
			m	11			
	M2	0	w	12			
M3	1	m	10				
31.07.2023	R	3	m	14,5			
			w	13			
			w	13,5			
	M1	2	m	14,5			
			w	12			
M2	2	m	13				
M3	0	w	13,5				
3 - rot	01.08.2023	R	2	m	11,5		
				w	12		
		M1	6	m	9		
				m	14		
				w	13		
				w	13		
				w	11		
				w	12		
		M2	0				
		M3	0				
	02.08.2023	R	1	m	14,5		
		M1	2	m	14		
		M2	1	w	13		
		M3	0	m	8,5		
	03.08.2023	R	2	m	14		
		M1	1	m	14,5		
		M2	1	m	14,5		
		M3	0	m	13		
	04.08.2023	R	1	m	12	Kiemen teilw. außenliegend	
		M1	2	m	14		
				m	13	beide Scheren fehlend	
		M2	0				
	M3	0					
	05.08.2023	R	1	m	13,5		
M1		2	m	13			
			m	14			
M2		0					
M3	0						
06.08.2023	R	1	m	11			
	M1	2	m	13			
			w	12			
	M2	0					
M3	0						
07.08.2023	R	1	m	14,5			
			m	14			
	M1	3	m	13,5			
			w	12			
	M2	1	m	11			
M3	0						
Σ			71				

Anhang 7 – Ergebnisse Edelkrebsfang Teich 2 Paket 4 (blau)

Paket	Datum [tt.mm.jjjj]	Reuse	Anzahl Edelkrebse	Geschlecht	Größe [cm]	Bemerkung	Beifang	
4 - blau	25.07.2023	R	1	w	8	rechte Schere kleiner		
		M1	2	w	8			
				m	14,5			
				m	5,5			
		26.07.2023	M2	3	m	7,5		
				m	14			
	M3		0					
		26.07.2023	R	4	m	15	frische Verletzungen	
				m	14			
				m	12			
				w	12			
		27.07.2023	M1	1	m	14	rechte Schere + links zwei Beine fehlend beide Scheren + links ein Bein fehlend	
				m	13			
				w	12			
		27.07.2023	M2	2				
				0				
				1	w	12		
	M3		0					
		28.07.2023	R	2	m	14,5		
					w	13,5		
					w	6		
					m	14,5		
		29.07.2023	M2	1	w	12		
					m	9		
				w	9			
				m	14			
	30.07.2023	M1	1	m	15			
				m	14			
				w	12			
	30.07.2023	M2	1	m	14			
				m	13,4			
				w	6,5			
				m	15,5			
	31.07.2023	M3	1	m	8,5			
				m	14,5			
				m	14,5			
				m	15			
	01.08.2023	R	3	m	8,5			
				w	9			
				m	14			
				m	14,5			
	02.08.2023	M1	0					
				0				
				2	m	8,5		
				w	9			
	03.08.2023	R	2	m	14			
				m	14,5			
				m	14			
				w	10			
	04.08.2023	M1	1	m	14			
				m	13			
				m	14	re. Schere fehlend + Kiemen teilw. außenl.		
				w	12			
	05.08.2023	M2	0					
				1	w	12		
				1	m	14,5		
				1	m	14,5		
	06.08.2023	M3	0					
				1	w	11		
				1	w	13,5		
				1	w	12		
	07.08.2023	M3	1	w	10,5			
				3	m	14		
				0	m	14		
				0	m	14,5	linke Schere fehlend	
	08.08.2023	M1	0					
				0				
				0				
				2	m	15	linke Schere fehlend	
	09.08.2023	M1	1	m	14			
				0	m	14		
				0	m	13		
				0				
	10.08.2023	R	2	m	14			
				2	m	14,5	linke Schere fehlend	
				2	m	14		
				1	w	12,5		
			0					
			0					
		Σ	64					

Anhang 8 – Standortbezogene Darstellung des Fangerfolgs in Teich 2

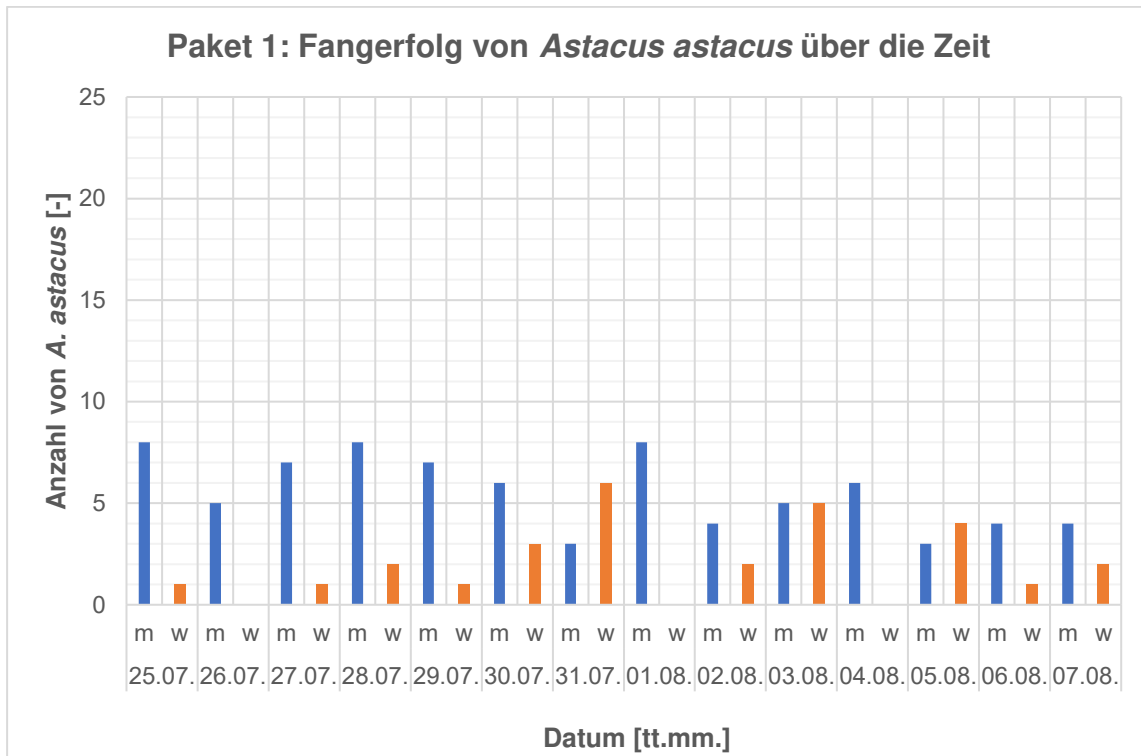


Abb. 40: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in Paket 1.

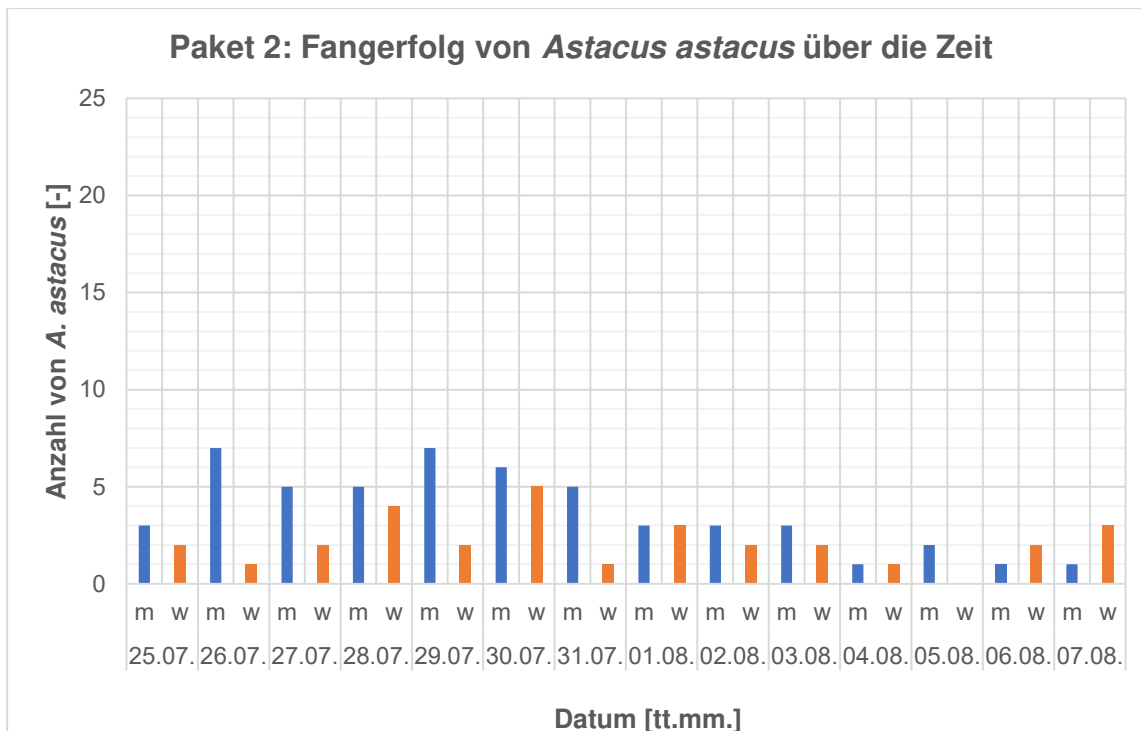


Abb. 41: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in Paket 2.

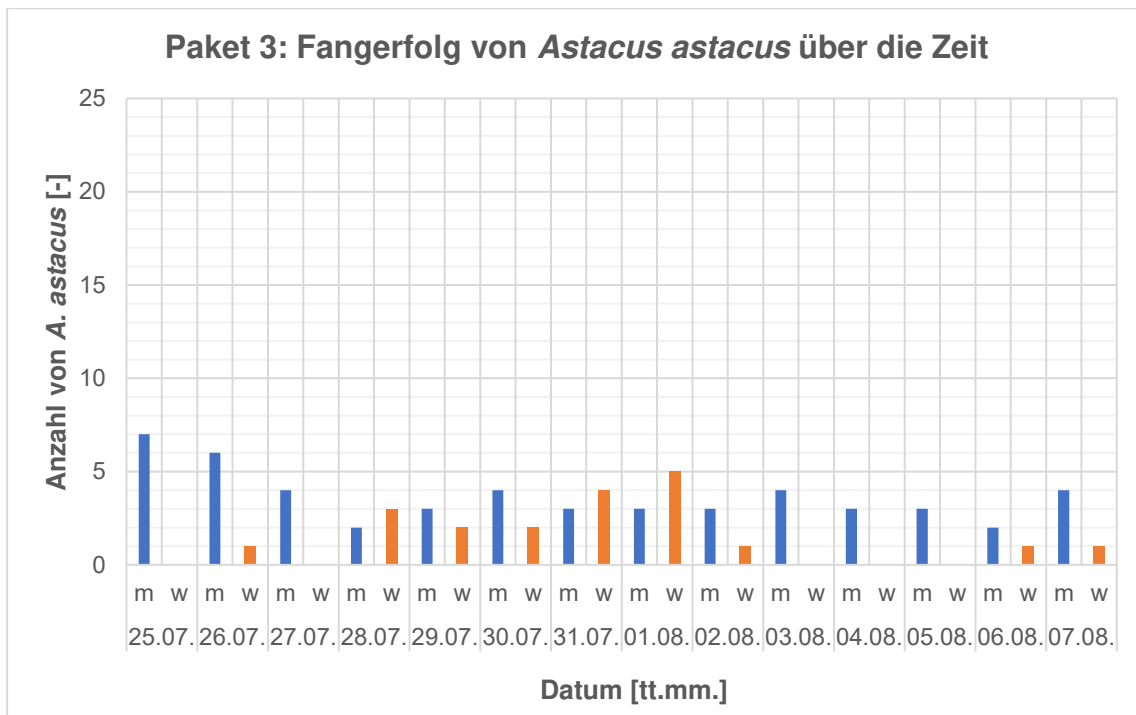


Abb. 42: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in Paket 3.

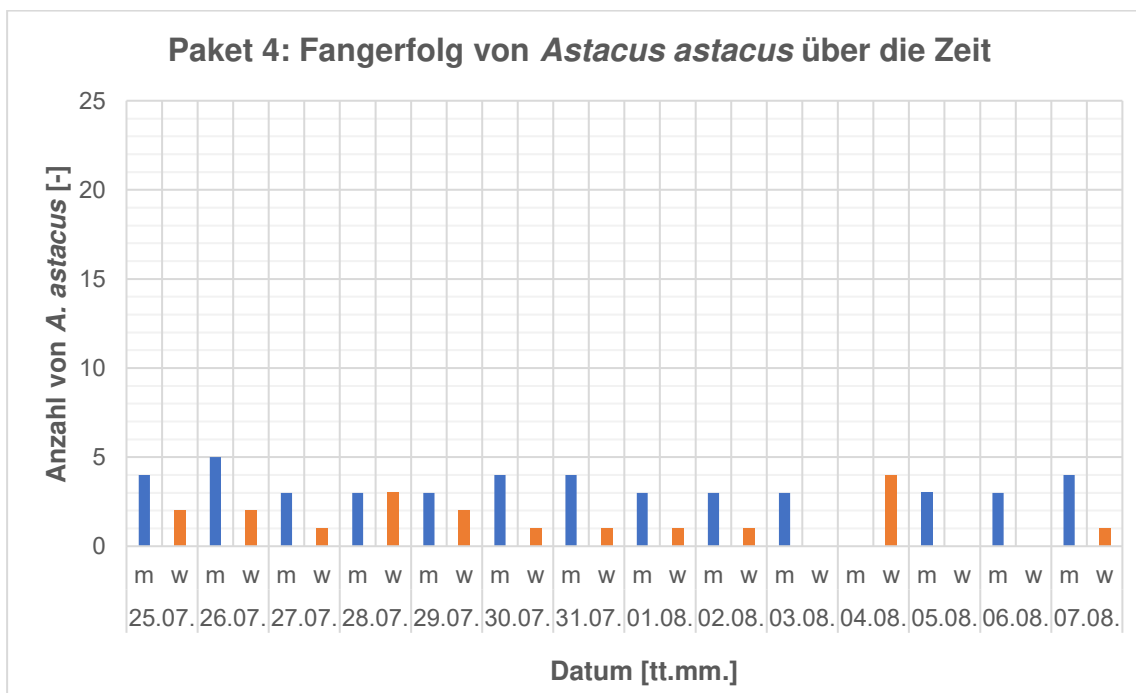


Abb. 43: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in Paket 4.

Anhang 9 – Modifikationsbezogene Darstellung des Fangerfolgs in Teich 2

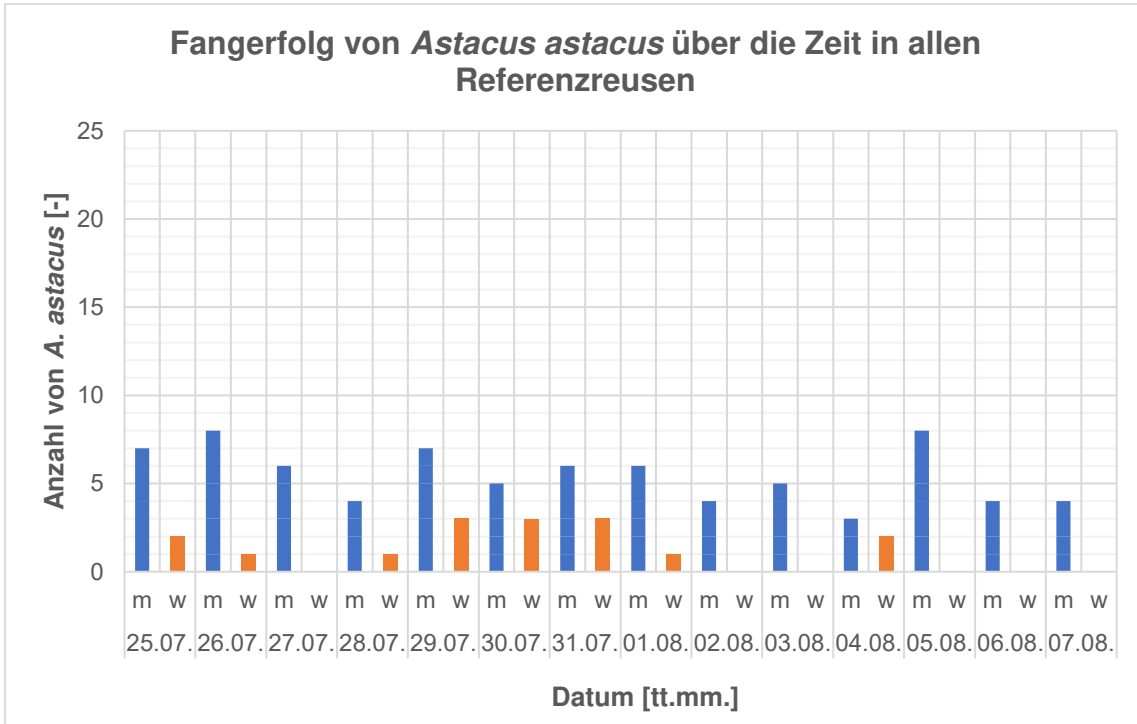


Abb. 44: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in allen Referenzreusen.

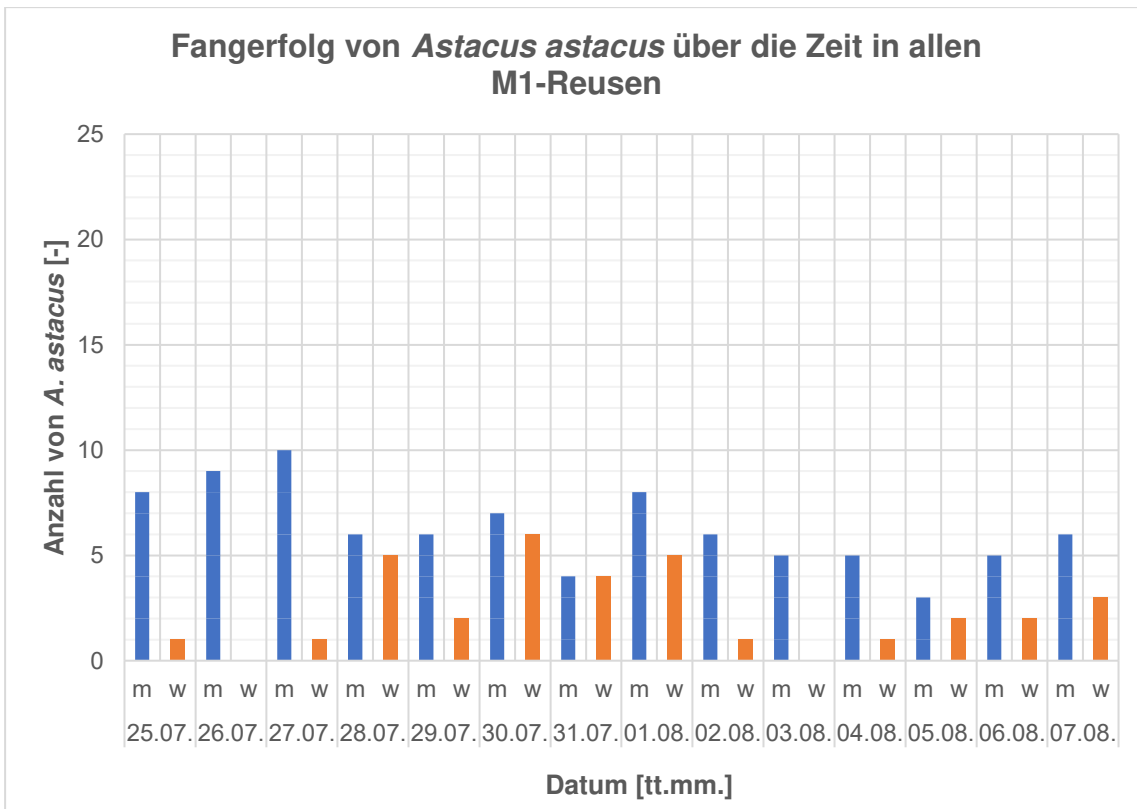


Abb. 45: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in allen M1-Reusen.

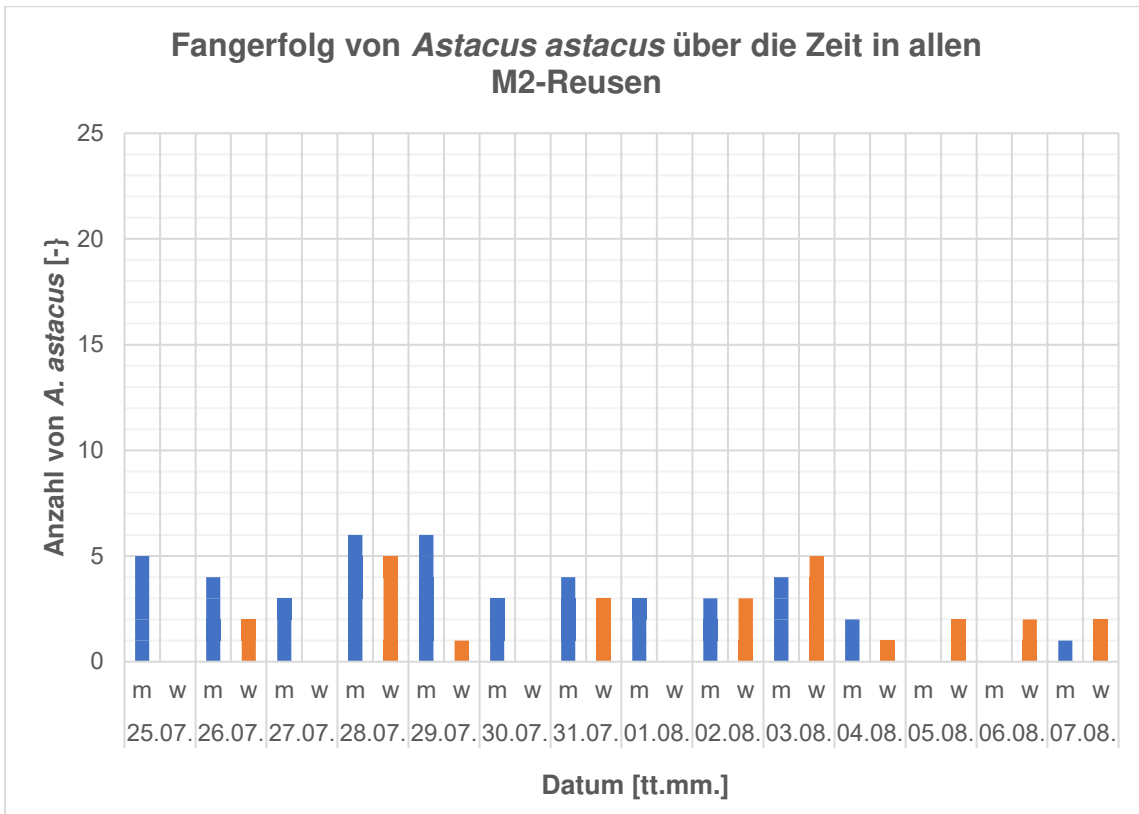


Abb. 46: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in allen M2-Reusen.

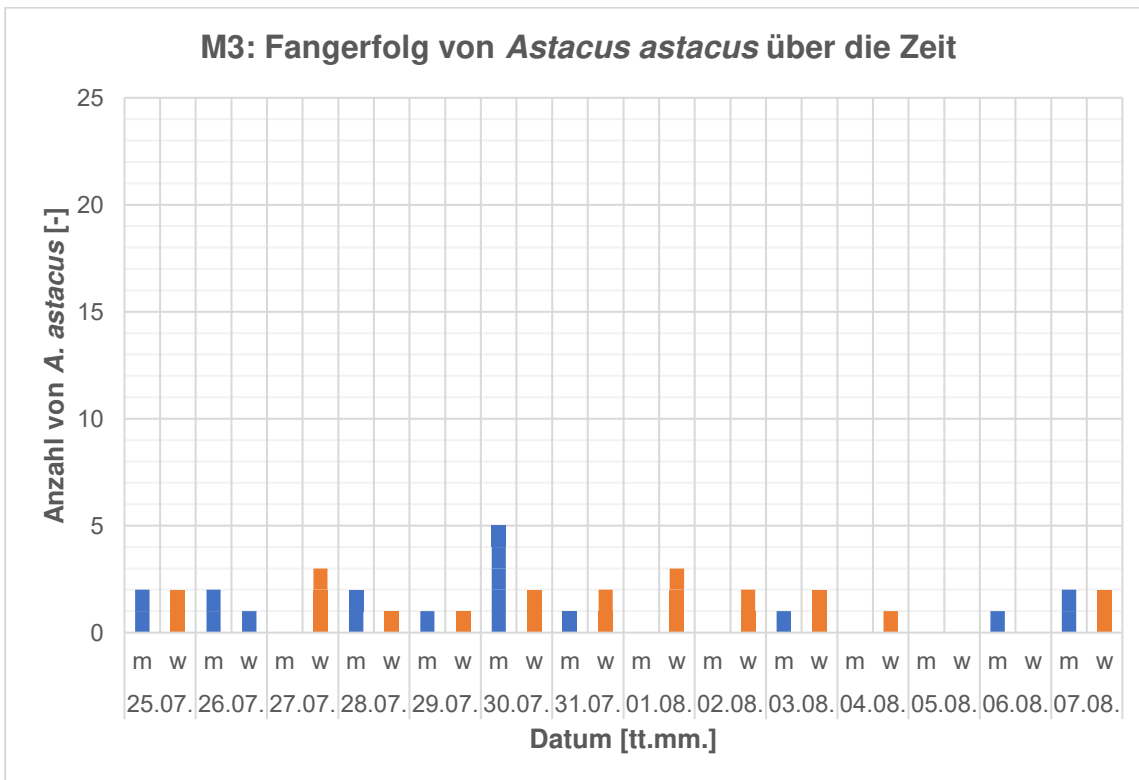


Abb. 47: Fangerfolg von *Astacus astacus* über die Zeit in allen M3-Reusen.

Anhang 10 – Ergebnisse der Messkampagne der chemisch-physikalischen Parameter in Teich 2

Datum [tt.mm.jjj]	Uhrzeit [hh:mm]	Witterung	Temperatur [°C]		pH-Wert [-]	Sauerstoff		elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{s}/\text{cm}$]
			Luft	Wasser		Gehalt [mg/l]	Sättigung [%]	
24.07.2023	17:00	bewölkt, Starkregen, Gewitter	20	19,9	7,72	10,33	119,1	512
25.07.2023	10:30	stark bewölkt	15	18,2	7,46	7,61	83,2	535
26.07.2023	10:00	bewölkt, windig	14	17,7	7,49	8,2	88,3	537
27.07.2023	12:00	Dauerregen (bis 5l/m ² /h)	14	17,4	7,54	8,78	94,8	529
28.07.2023	17:00	sonnig, leicht windig	25	20,7	7,76	10,38	119,7	518
29.07.2023	11:00	bewölkt, leicht windig	20	19,2	7,56	9,18	103,1	530
30.07.2023	09:30	bewölkt, leicht windig	15	18	7,64	9,6	103,9	529
31.07.2023	11:30	regnerisch, windig	16	17,7	7,54	8,15	88,4	535
01.08.2023	11:00	wechselhaft: bewölkt, sonnig, regnerisch	16	17,6	7,48	6,82	74,6	537
02.08.2023	09:00	bewölkt, einsetzender Regen	15	17,2	7,45	7,05	76,5	542
03.08.2023	13:00	regnerisch, windig; vorher starker Regen	16	16,7	7,45	7,37	79,1	519
04.08.2023	09:30	bewölkt, teils sonnig	16	16,2	7,41	6,7	70,1	518
05.08.2023	10:30	bewölkt	15	16,7	7,51	8,83	93,2	517
06.08.2023	11:30	wechselhaft: bewölkt, sonnig	17	17,2	7,6	10,09	109,2	511
07.08.2023	14:00	bewölkt; vorher starkes Unwetter	13	17,4	7,52	8,99	95,8	435

Anhang 11 – Ergebnisse der Messkampagne der chemisch-physikalischen Parameter in Teich 3

Datum [tt.mm.jjj]	Uhrzeit [hh:mm]	Witterung	Temperatur [°C]		pH-Wert [-]	Sauerstoff		elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{s}/\text{cm}$]
			Luft	Wasser		Gehalt [mg/l]	Sättigung [%]	
24.07.2023	17:00	bewölkt, Starkregen, Gewitter	20	21	8,25	12,88	153,8	436
25.07.2023	10:30	stark bewölkt	15	18,6	7,47	6,6	72,8	453
26.07.2023	10:00	bewölkt, windig	14	18,1	7,5	7,56	82	499
27.07.2023	12:00	Dauerregen (bis 5l/m ² /h)	14	18	7,63	8,86	96,6	446
28.07.2023	17:00	sonnig, leicht windig	25	22,2	8,74	15,84	187	395
29.07.2023	11:00	bewölkt, leicht windig	20	19,6	7,86	11,53	131	437
30.07.2023	09:30	bewölkt, leicht windig	15	18,5	7,6	8,41	92,2	442
31.07.2023	11:30	regnerisch, windig	16	18,2	7,35	4,85	53,1	449
01.08.2023	11:00	wechselhaft: bewölkt, sonnig, regnerisch	16	18	7,4	5,56	61,3	436
02.08.2023	09:00	bewölkt, einsetzender Regen	15	17,7	7,44	6,59	72,4	431
03.08.2023	13:00	regnerisch, windig; vorher starker Regen	16	17,2	7,32	5,71	62	377
04.08.2023	09:30	bewölkt, teils sonnig	16	17,2	7,27	4,5	48,1	391
05.08.2023	10:30	bewölkt	15	17,6	7,42	7,27	78,4	380
06.08.2023	11:30	wechselhaft: bewölkt, sonnig	17	18,1	7,46	7,14	78,5	391
07.08.2023	14:00	bewölkt; vorher starkes Unwetter	13	18,1	7,39	6,56	71,9	368

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Print- oder Online-Veröffentlichungen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Osnabrück, den

(Katharina Freese)