Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
Fakultät der Sozialwissenschaften
Institut für Geographie und Regionalforschung

Bachelorarbeit

Betreuung:
Assoc. Prof. Dr. Dipl.-Ing. Glenda Garcia-Santos

Die Ausbreitung von *Echinogammarus trichiatus* in ausgewählten Zuflüssen und dem Abfluss des Wörthersees

Zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

Vorgelegt von:
Lorena Pucher
Matrikelnummer: 12019578
E-Mail: lopucher@edu.aau.at

Abgabedatum: 6. Mai 2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich

- die eingereichte wissenschaftliche Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe,
- die während des Arbeitsvorganges von dritter Seite erfahrene Unterstützung, einschließlich signifikanter Betreuungshinweise, vollständig offengelegt habe,
- die Inhalte, die ich aus Werken Dritter oder eigenen Werken wortwörtlich oder sinngemäß übernommen habe, in geeigneter Form gekennzeichnet und den Ursprung der Information durch möglichst exakte Quellenangaben (z.B. in Fußnoten) ersichtlich gemacht habe,
- den Einsatz von generativen Modellen (Künstliche Intelligenz wie z.B. ChatGPT, Grammarly Go, Midjourney) vollständig und wahrheitsgetreu inkl. Produktversion ausgewiesen habe,
- die eingereichte wissenschaftliche Arbeit bisher weder im Inland noch im Ausland einer Prüfungsbehörde vorgelegt habe und
- bei der Weitergabe jedes Exemplars (z.B. in ausgedruckter oder digitaler Form) der wissenschaftlichen Arbeit sicherstelle, dass diese mit der eingereichten digitalen Version übereinstimmt.

Ich bin mir bewusst, dass eine tatsachenwidrige Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

_____

Pucher Lorena Klagenfurt am Wörthersee, 06.05.24

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben. Zuerst gebührt mein Dank Frau Assoc. Prof. Dr. Dipl.-Ing. Glenda Garcia-Santos, die meine Bachelorarbeit begutachtet hat und mich zu dieser Arbeit animiert hat. Ein besonderer Dank gebührt Mag. Dr. Martin Konar vom Kärntner Institut für Seenforschung, für die fachliche Expertise und für meine Fragen stets ein offenes Ohr hatte. Weiters auch der Dank an meine Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht haben. Zuguter Letzt möchte ich mich bei Marcel bedanken, der mir bei der Feldarbeit geholfen hat.

Kurzfassung

Die biologische Invasion, die Einschleppung invasiver Arten ist ein Hauptproblem der Ökologie, da durch die Einschleppung solcher Arten das weltweite Artensterben begünstigt wird. Ein Beispiel für eine solche Art ist auch *Echinogammarus trichiatus*, eine Art, die 2019 im Wörthersee entdeckt wurde und ursprünglich aus der Ponto-Kaspischen Region stammt. Daraus ergibt sich auch das Ziel der Arbeit, herauszufinden, ob und in welche der ausgewählten Seitenbäche sich *Echinogammarus trichiatus* ausgebreitet hat. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Kick-Sampling-Methode, eine qualitative Methode angewendet. Anschließend wurden die Proben auf *Echinogammarus trichiatus* sowie andere Gammaridae untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich *Echinogammarus trichiatus* bisher nicht in die Seitenbäche ausgebreitet hat. Des Weiteren zeigen die Resultate, dass die heimischen Gammaridae *Gammarus roeselii* und *Gammarus fossarum* in den Zuflüssen Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pirkerbach, Pörtschacher Mühlbach und Reifnitzbach sowie im Abfluss Sattnitz dominant sind.

Abstract

Biological invasion, the introduction of invasive species, is a main problem of ecology. The introduction of such species favours the global extinction of species. One example of such a species is *Echinogammarus trichiatus*, a species that was discovered in Lake Wörthersee in 2019 and originally comes from the Ponto-Caspian region. The aim of the study is therefore to find out whether *Echinogammarus trichiatus* has spread and into which of the selected side streams. To achieve this goal, a kick-sampling method, a qualitative method, was used. Subsequently, the samples were analyzed for *Echinogammarus trichiatus* and other Gammaridae. The results show that *Echinogammarus trichiatus* has not yet spread into the side streams. Furthermore, the results show that the native Gammaridae *Gammarus roeselii* and *Gammarus fossarum* are dominant in the tributaries Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pirkerbach, Pörtschacher Mühlbach and Reifnitzbach as well as in the Sattnitz outflow.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis I

Abbildungsverzeichnis II

1 Einleitung 4

2 Theoretische Grundlagen 7
2.1 Biogeographische Reiche 7
2.2 Ökoregionen 9
2.2.1 Europa 9
2.2.2 Österreich und Kärnten 13
2.3 Bioregionen 16
2.3.1 Österreich 16
2.3.1.1 Vorarlberger Alpenvorland 17
2.3.1.2 Alpine Molasse 18
2.3.1.3 Helvetikum 18
2.3.1.4 Kalkhochalpen 18
2.3.1.5 Kalkvoralpen 18
2.3.1.6 Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland 19
2.3.1.7 Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmischen Masse 20
2.3.1.8 Östliche Flach- und Hügelländer 20
2.3.1.9 Flysch 21
2.3.1.10 Grazer Feld und Grabenland 22
2.3.1.11 Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen 22
2.3.1.12 Südliche Inneralpine Becken 23
2.3.1.13 Südalpen 23
2.3.1.14 Unvergletscherte Zentralalpen 23
2.3.1.15 Vergletscherte Zentralalpen 23
2.3.2 Kärnten 24
2.4 Wörthersee 25
2.5 Neobiota 26
2.5.1 Verbreitung von Neozoen 26
2.5.2 Neozoen in Österreich und Kärnten 28
2.5.3 Auswirkung aquatischer Neozoen 31

3 Methoden 32
3.1 Untersuchungsgebiete 32
3.1.1 Rajacherbach 32
3.1.2 Damtschacherbach 33
3.1.3 Köstenbergerbach 36
3.1.4 Pörtschacher Mühlbach 38
3.1.5 Pirkerbach 40
3.1.6 Reifnitzbach 42
3.1.7 Sattnitz 43
3.2 Equipment 45
3.3 Sicherheit 45
3.4 Probenentnahme 46
3.5 Identifikation Gammaridae 47
3.6 Kartenerstellung 49
4 Resultate 51
5 Diskussion 55
6 Fazit 58
Literaturverzeichnis 59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aquatische wirbellose Neozoen und Fisch-Neozoen in Österreich und Kärnten. (Kärntner Institut für Seenforschung 2023c, 5, Moog et al. 2013, 54 ff., Honsig-Erlenburg, W. 2016, 280 ff., eigene Darstellung). 30
Tabelle 2: Daten der eigenen Forschung und Daten der Erhebung von Echinogammarus trichiatus im Wörthersee 2019 (eigene Daten, Wolfram et al. 2020, 51ff.; eigene Darstellung). 50
Tabelle 3: Ergebnisse der Studie (eigene Darstellung). 53
Tabelle 4: Ergebnisse *Echinogammarus trichiatus* im Wörthersee (Wolfram et al. 2020, 51ff.). 53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Terrestrische biogeographische Reiche der Welt (Udvary 1975, 12). 7
Abbildung 2: Einteilung der Gebiete für „Limnofauna Europaea“ (Illies 1978). 9
Abbildung 3: Die Ökoregionen Österreichs basierend auf ILLIES (1979) (Umweltbundesamt.at 2003). 14
Abbildung 4: Aquatische Bioregionen (Ris.bka.gv.at 2023)..... 17
Abbildung 5: Bioregionen in Kärnten (Kärntner Institut für Seenforschung 2023b)..... 24
Abbildung 6: Österreichische (AT)- und Interkalibrierung (IC) Seentypen (Wolfram et al. 2015, 13)..... 26
Abbildung 7: Migrationskorridore der pontokaspischer Arten in Europa (Bij de Vaate et al. 2002, 1162)..... 27
Abbildung 8: Orthofoto der Probenentnahmestelle 1 (roter Punkt) im Rajacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS)..... 32
Abbildung 9: Probenentnahmestelle 1 im Rajacherbach (Pucher Lorena 2023)..... 33
Abbildung 10: Orthofoto der Probenentnahmestelle 2 (roter Punkt) im Damtschacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS)..... 34
Abbildung 11: Probenentnahmestelle 2 im Damtschacherbach (Pucher Lorena 2023). 34
Abbildung 12: Orthofoto der Probenentnahmestelle 3 (roter Punkt) im Damtschacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS)..... 35
Abbildung 13: Probenentnahmestelle 3 im Damtschacherbach (Pucher Lorena 2023). 35
Abbildung 14: Orthofoto der Probenentnahmestelle 4 (roter Punkt) im Köstenbergerbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS)..... 36
Abbildung 15: Probenentnahmestelle 4 im Köstenbergerbach (Pucher Lorena 2023). . 36
Abbildung 16: Orthofoto der Probenentnahmestelle 5 (roter Punkt) im Köstenbergerbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS)..... 37
Abbildung 17: Probenentnahmestelle 5 im Köstenbergerbach (Pucher Lorena 2023). . 37
Abbildung 18: Orthofoto der Probenentnahmestelle 6 (roter Punkt) im Pörtschacher Mühlbach in Pörtschach am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 38
Abbildung 19: Probenentnahmestelle 6 im Pörtschacher Mühlbach (Pucher Lorena 2023). 38
Abbildung 20: Orthofoto der Probenentnahmestelle 7 (roter Punkt) im Pörtschacher Mühlbach in Pörtschach am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 39
Abbildung 21: Probenentnahmestelle 7 im Pörtschacher Mühlbach (Pucher Lorena 2023). 39

Abbildung 22: Orthofoto der Probenentnahmestelle 8 (roter Punkt) im Pirkerbach in Krumpendorf am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 40
Abbildung 23: Probenentnahmestelle 8 im Pirkerbach (Pucher Lorena 2023). 40
Abbildung 24: Orthofoto der Probenentnahmestelle 9 (roter Punkt) im Pirkerbach in Krumpendorf am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 41
Abbildung 25: Probenentnahmestelle 9 im Pirkerbach (Pucher Lorena 2023). 41
Abbildung 26: Orthofoto der Probenentnahmestelle 10 (roter Punkt) im Reifnitzbach in Reifnitz (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 42
Abbildung 27: Probenentnahmestelle 10 im Reifnitzbach (Pucher Lorena 2023). 42
Abbildung 28: Orthofoto der Probenentnahmestelle 11 (roter Punkt) in der Sattnitz in Klagenfurt am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 43
Abbildung 29: Probenentnahmestelle 11 in der Sattnitz (Pucher Lorena 2023). 43
Abbildung 30: Orthofoto der Probeentnahmestelle 12 in der Sattnitz in Klagenfurt am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS). 44
Abbildung 31: Probenentnahmestelle 12 in der Sattnitz (Pucher Lorena 2023). 44
Abbildung 32: Tablett und Sieb zur Probenentnahme (Pucher Lorena 2023). 45
Abbildung 33: Kick-Sampling in einem Bachbett (SaveMyExams 2023). 47
Abbildung 34: Uropod *Echinogammarus trichiatus* (Eggers & Martens 2001, 36). 48
Abbildung 35: *Gammarus fossarum* (Eggers & Martens 2001, 34). 48
Abbildung 36: *Gammarus roeselii* (Eggers & Martens 2001, 36). 49
Abbildung 37: *Echinogammarus trichiatus* (Lorena Pucher 2023). 51
Abbildung 38: *Gammarus roeselii* (Lorena Pucher 2023). 52
Abbildung 39*: Gammarus fossarum* (Lorena Pucher 2023). 52
Abbildung 40: Karte des Wörthersees inklusive der Zuflüsse und des Abflusses mit den darin vorkommenden Gammaridae (KAGIS, Wolfram et al. 2020, 51ff., KIS 2021, eigene Daten; eigene Darstellung). 54

1 Einleitung

Die Ponto-kaspische Region ist ein Hotspot der Endemie und beherbergt mehrere Krebsarten, von denen die Amphipoden (Flohkrebse) die vielfältigsten sind. Diese kaum bekannten Arten sind in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet stark bedroht, während sie gleichzeitig mit erheblichen ökologischen Folgen in europäische Binnengewässer eindringen. Eine dieser Arten ist *Echinogammarus trichatus* (vgl. Copilas-Ciocianu et al. 2023).

Die Einschleppung von Neozoen oder Neophyten, generell von Neobiota ist von großem Interesse und Relevanz, da die biologische Invasion eines der wichtigsten Themen der Ökologie darstellt. Denn rund 40% des weltweiten Artensterben werden durch die Einführung invasiver Arten begünstigt. Zudem führt die biologische Invasion zu einer Homogenisierung der Ökosysteme (vgl. Bódis et al. 2012, 29). Diese Homogenisierung der Ökosysteme hat zudem weitreichende Konsequenzen für die einheimischen Arten, denn durch die Einschleppung der Neobiota werden die einheimischen Arten unter Druck gesetzt, wodurch manche Arten letztendlich aussterben und dadurch das einheimische Ökosystem zerstört wird (vgl. Universität Oldenburg 2015). Bódis et al. (2012) beschreibt, dass zwar alle Ökosysteme empfindlich auf invasive Arten reagieren, doch aquatische Ökosysteme seien besonders anfällig. In den letzten Jahrzehnten hat sich das Auftreten und die schnelle Ausbreitung von Neobiota (neuen Arten) vor allem in aquatischen Ökosystemen stark beschleunigt. Dies lässt sich vor allem auf die zunehmende Intensität des Schiffsverkehrs aufgrund der Globalisierung des internationalen Handels, die steigenden Freizeitaktivitäten sowie die Veränderung natürlicher Wassersysteme, die mit einer Verschlechterung der natürlichen Lebensbedingungen und der Freisetzung von Lebensräumen verbunden ist. Auch *Echinogammarus trichiatus* ist eine potentiell invasive Art. Auf Grund der dominanten Stellung können bestimmte invasive Arten negative Auswirkungen auf Ökosysteme haben. Denn die Eindringlinge üben einen Konkurrenzdruck auf die einheimische Fauna um Nahrung aus. Doch das Einführen von invasiven Arten kann auch positive Effekte auf ein Ökosystem haben, beispielsweise machen Amphipoden einen beträchtlichen Anteil der Biomasse der Wirbellosentiere aus (vgl. Bódis et al. 2012, 29ff.).

Echinogammarus trichatus wurde, laut Boets et al. (2012), 2009 in Belgien gefunden. Borza (2009) beschreibt, dass diese möglichicherweise, invasive Art 2007 in der Slo-

wakei auftauchte und in Ungarn 2009. Semenchenko et al. (2021) untersuchten in deren Forschung die Ausbreitungsraten gebietsfremder Amphipoda- und Mysida-Arten in den Flüssen Dnjepr, Pripjat und Neman in Belarus. Dabei wurde auch der *Echinogammarus trichatus* in geringen Mengen im Dnjepr mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1,3 km/Jahr nachgewiesen. Die unterschiedlichen Ausbreitungsraten der diversen Arten hängt sowohl mit dem Zeitpunkt der Erfassung als auch mit der Intensität der Schifffahrt zusammen. Nicht nur in Belgien, der Slowakei, Ungarn und Belarus wurde dieser Gammaridae nachgewiesen. Denn zum ersten Mal in Österreich und Deutschland wurde dieser Gammaridae, laut Weinzierl et al. (1997) 1996 nachgewiesen. Im Rhein wurde *Echinogammarus trichatus* erstmals im Jahr 2000 im Bereich Kirschgartshausen angetroffen. 2001 wurde ein weiterer *Echinogammarus trichatus* bei Duisburg gefunden (vgl. Podraza et al. 2001). Laut Eggers (2005) wurde 2005 eine Anzahl von *Echinogammarus trichatus* bei einer Benthosprobe im Stichkanal Salzgitter bei Braunschweig gesammelt. Dieser pontokaspische Neozoa hat in den letzten Jahren das Einzugsgebiet des Rheins erreicht. In dieser Studie von Eggers (2005) wird vermutet, dass sich die Art nun vom Rhein nach Osten entlang der nordwestlichen schiffbaren Kanäle in Deutschland ausbreiten wird. Dies wurde durch Zettler (2015) bestätigt, da dieser Autor berichtet, dass 2014 *Echinogammarus trichatus* im Ostseegebiet festgestellt wurde. Im Jahr 2019 wurde *Echinogammarus trichatus* von Wolfram et al. (2020) im Wörthersee entdeckt. Von Moog et al. (2013) wird diese Art als potentiell invasiv in Österreich beschrieben, das heißt, dass die aktuelle Ausbreitung so stark ist, dass mittel- bis langfristig eine invasive Wirkung zu erwarten ist. Auch kann potentiell invasiv bedeuten, dass invasive Schwesternarten bereits in Nachbarländern als invasiv eingestuft sind oder aber auch kann die Art bereits invasiv sein, wird aber noch erfolgreich bekämpft (vgl. Moog et al. 2013, 67).

Aufgrund dessen, dass *Echinogammarus trichiatus* 2019 im Wörthersee entdeckt wurde und in Folge den gesamten See besiedelt hat, wird in dieser Arbeit der Frage nachgegangen, ob sich *Echinogammarus trichiatus* auch in den Seitenbächen (Sattnitz, Reifnitzbach, Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pörtschacher Mühlbach sowie Pirkerbach) ausgebreitet hat. Zurzeit gibt es darüber noch keine wissenschaftlichen Artikel zu dieser Thematik, weshalb diese Forschung eine Lücke schließen könnte. Ziel der Arbeit ist es herauszufinden, ob und in welche der ausgewählten Seitenbäche sich *Echinogammarus trichiatus* ausgebreitet hat.

Um das Ziel der Arbeit erreichen zu können, wird in der Arbeit auf Theoretische Grundlagen eingegangen. Dabei soll geklärt werden, welche Biogeographischen Reiche, Ökoregionen und Bioregionen es gibt. Weiters soll in diesem Kapitel auf den Wörthersee sowie die Neobiota eingegangen werden. Im Anschluss daran werden die Methoden der Arbeit beschrieben. Anschließend werden die Resultate der Arbeit dargestellt und darüber hinaus wird darüber diskutiert. Abschließen soll diese Arbeit mit einem Fazit.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Biogeographische Reiche

Biogeographical realm. The highest taxon. A continent or subcontinent-sized area with unifying features of geography and fauna/ flora/vegetation. This rank corresponds to the kingdom of the florist and the region of the faunist (Udvary 1975, 10).

Udvary (1975) unterscheidet 8 Biogeographischen Reiche, welche wiederum in sogenannte Provinzen eingeteilt werden können. Die weltweite Einteilung der terrestrischen biogeographischen Reiche durch Udvary (1975) wir in Abbildung 1 graphisch dargestellt.

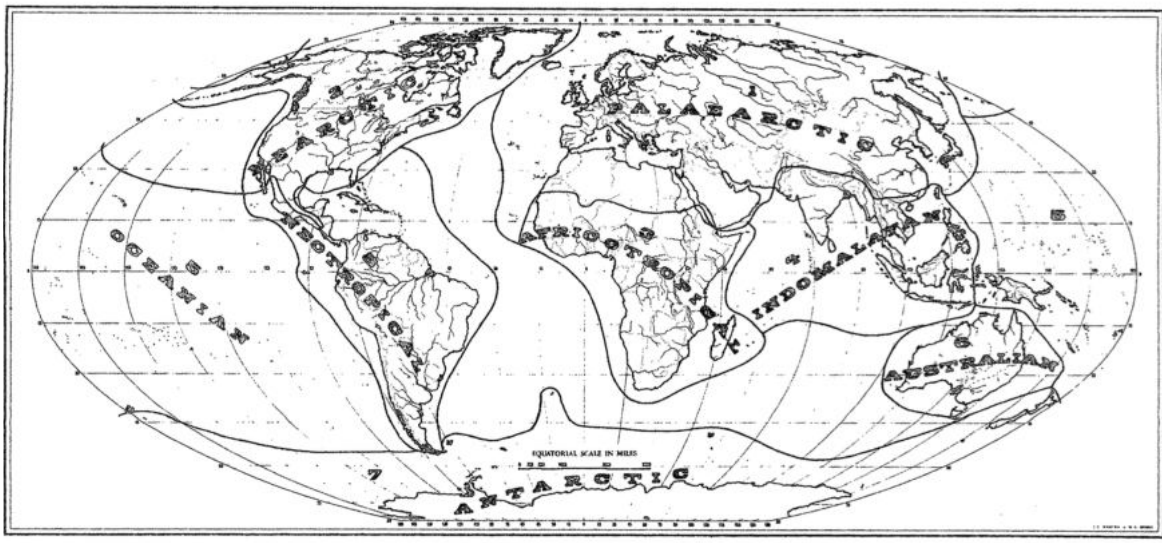

Abbildung 1: Terrestrische biogeographische Reiche der Welt (Udvary 1975, 12).

Das **Palaearktische Reich** (Palaearctic Realm) zählt zu den acht großen Biogeographischen Reiche der Erde und schließt die Gebiete Europa, Asien nördlich des Himalaya, Nordafrika sowie die nördlichen und zentralen Teile der Arabischen Halbinsel mit ein. Die Paläarktis weist eine große Vielfalt an Lebensräume auf, gemäßigte Wälder, Grasland, Tundra, Wüsten und mediterrane Ökosysteme (vgl. Udvary 1975, 22ff). Das **Nearktische Reich** (Nearctic Realm) umfasst den größten Teil Nordamerika mit Grönland sowie das Hochland Mexikos und Teile der karibischen Inseln. Gekennzeichnet ist dieses Biogeographische Reich durch eine ausgeprägte Flora und Fauna, welche sich an die verschiedenen Lebensräume dieser Region angepasst haben wie beispielsweise

Wüsten, Grasland, Wälder und Tundra (vgl. Udvary 1975, 14ff.). Das **Africotropische Reich** (Africotropical Realm) beinhaltete den afrikanischen Kontinent südlich der Sahara, die Insel Madagaskar, die Süd- und Ostküste Arabiens und mehrere Inseln im Indischen Ozean. Das Gebiet zeichnet sich durch eine hohe biologische Vielfalt und eine einzigartige Flora und Fauna aus (vgl. Udvary 1975, 25ff.). Das **Indomalaiische Reich** (Indomalayan Realm) erstreckt sich über Südasien, Südostasien und einige Teile Ostasiens und zeichnet sich vor allem durch seine unglaubliche Artenvielfalt aus und umfasst eine Vielzahl von Ökosystemen, welche von tropischen Regenwäldern und Mangrovensümpfen bis zu Wüsten und Hochgebirgen reichen (vgl. Udvary 1975, 30ff.). Das **Ozeanische Reich** (Oceanian Realm) unterteilt sich in die Provinzen Papua, Mikronesien, Hawaii, Südöstliches Polynesien, Zentral-Polynesien, Neukaledonien und Ost-Melanesien. Dieses Reich ist vor allem durch seine einzigartige Flora und Fauna durch zahlreiche Endemiten gekennzeichnet (vgl. Udvary 1975, 31 ff.). **Das Australische Reich** (Australian Realm) umfasst den Kontinent Australien und wird unterteilt in 13 Biogeographische Provinzen (Quennsland Küstenregion, Tasmanien, Nördliche Küstenregion, Westliche Sklerophylie, Südliche Skleorphylie, Östliche Skleorphylie, Brigalow, Westliche Mulga, Zentrale Wüste, Südliche Mulga/Saltbush, Nördliche Savanne, Nördliches Grasland, Östliches Grasland, Östliches Grasland und Savannen) (vgl. Udvary 1975, 35ff.). **Das Antarktische Reich** (Antarctic Realm) schließt den Kontinent Antarktika und das davon umgebene Südpolarmeer mit ein. Dabei wird auch dieses Reich in unterschiedliche Provinzen unterteilt. Der Kontinent Antarktika selbst wird unterteilt in Maudlandia und Marielandia. Insulantarktika wird aus den gemäßigten und subantarktischen Inseln der südlichen Meere, einschließlich der Inseln, welche Feuerland und die antarktische Halbinsel umgeben, gebildet. Die vierte Provinz im Antarktischem Reich wird von den Chatham Inseln, den Neuseeländischen Schelffinseln (Stewart, Snares, Auckland, Campbell) und Neuseeland selbst gebildet und wird als Neozealandia betitelt (vgl. Udvary 1975, 37). Das **Neotropische Reich** (Neotropical Realm) beinhaltet Mittel- und Südamerika sowie die karibischen Inseln (vgl. Udvary 1975, 43ff.).
Die Biogeographischen Reiche können weiter unterteilt werden in Ökoregionen. Dies wird nun im nächsten Kapitel erklärt.

2.2 Ökoregionen

Die Ökoregionen kennzeichnen Gebiete mit homogener Struktur in Bezug auf Klima, Hydrologie, Geologie, Landform, Boden, Vegetation oder andere ökologisch relevante Größen (Barbour et al. 1999, Hughes & Larsen 1988, Omernik 1987 zitiert nach Moog et al. 2001, 16). Die europäischen Ökoregionen entsprechen den Regionen von Illies (1978) und entsprechen biogeographischen sowie zoologischen Grundsätzen (vgl. Moog et al. 2001).

2.2.1 Europa

In Europa befindet sich weltweit gesehen das biogeographische Palaearktische Reich (Udvary 1975). Illies (1978) hat zudem dieses Reich aus limnologischer (gewässerökologischer) Sicht in unterschiedliche Gebiete gegliedert und mit Hilfe von Nummern dargestellt (siehe Abbildung 2).

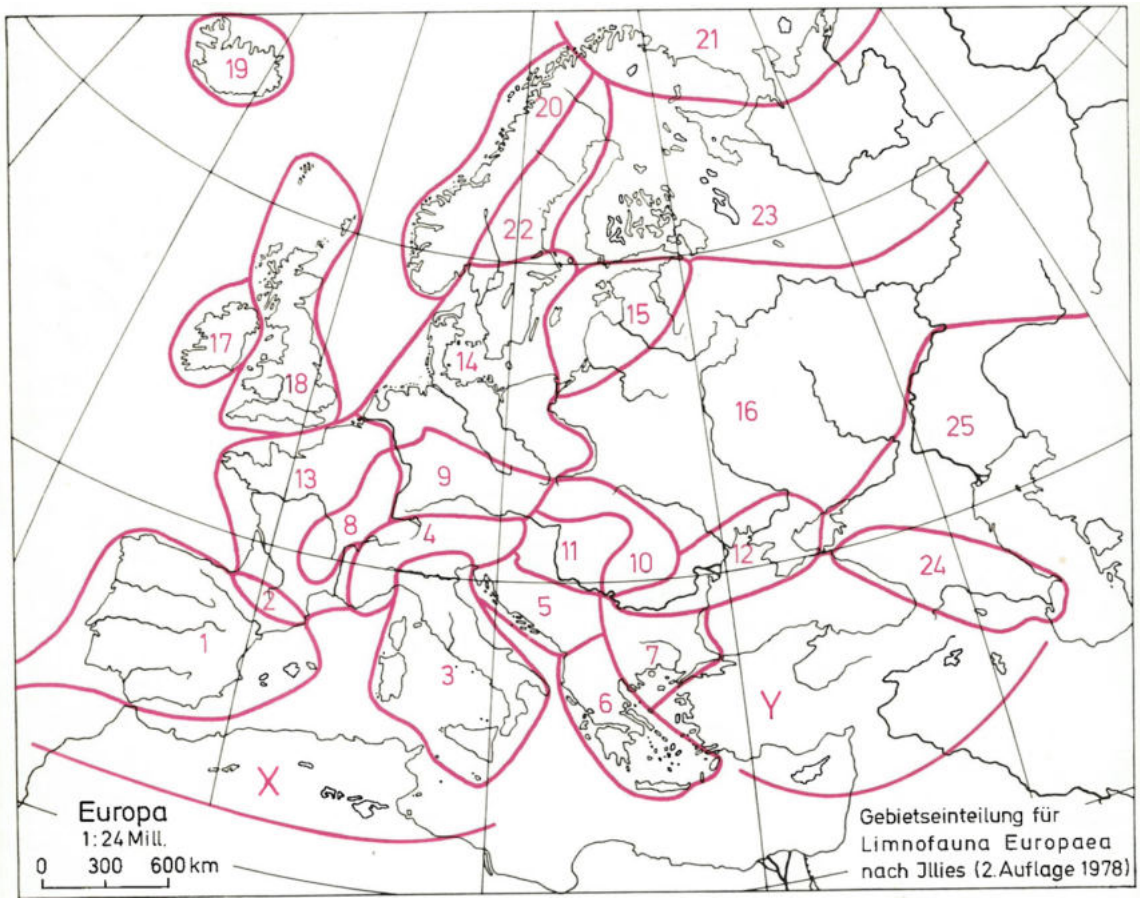

Abbildung 2: Einteilung der Gebiete für „Limnofauna Europaea“ (Illies 1978).

Laut Illies (1978) umfasst das Gebiet 1 (**Iberische Halbinsel**) die Gesamtheit der Iberischen Halbinsel mit Einbezug der Pityusen und Balearen sowie den beiden atlantischen Inseln Azoren und Madeira. Die Nordgrenze hierbei ist die 1000-m Linie der Pyrenäen (vgl. ebd. XIV). Das Gebiet **Pyrenäen** (Gebiet 2) erstreckt sich beiderseits der Wasserscheide bis zur 1000-m Linie herab (vgl. Illies 1978, XIV). Gebiet 3 (**Italien**) schließt Italien sowie Korsika (Frankreich), Sardinien, Sizilien und Malta sowie die kleinen Mittelmeerinseln mit ein. Im Norden erstreckt sich das Gebiet bis an die 1000-m Linie der Alpen (vgl. Illies 1978, XIV). Die Grenze der **Alpen** (Gebiet 4) verläuft an der 1000-m Linie östlich der Rhone, Genfer See, Rhein bis Bodensee, Bodensee bis Wienerwald entlang der 1000-m Linie. Von dort weiter nach Süden zur ungarischen Staatsgrenze (Ödenburg), der österreichischen-ungarischen Staatsgrenze bis zur damaligen jugoslawischen Staatsgrenze folgend. Weiter entlang der Linie Marburg – Ljubljana – Görz. Dann weiter in Richtung Westen am Westrand der Lombardischen Tiefebene auf der 1000-m Linie, Westrand von Piemont, inklusive der Ligurischen Alpen bis hin zum Altare-Pass (Savona) (vgl. Illies 1978, XIV). Die Grenze des **Dinarischen Westbalkans** (Gebiet 5) verläuft, laut Illies (1978), dabei gegen das Gebiet 4 – Alpen. Zudem beinhaltet dieses Gebiet die dalmatische Adriaküste mit deren Inseln. Weiters verläuft das Gebiet im Süden bis zur jugoslawisch-albanischen Staatsgrenze (Skutari-See). Im Weiteren verläuft die Grenze von Plava in nordöstlicher Richtung bis zur Morava bei Niš. In Richtung Norden erstreckt sich das Gebiet entlang der Morava bis exklusive zur Donau, von Belgrad nach Westen entlang der Save bis Zagreb und von dort aus nach Nordosten zur damaligen jugoslawisch-ungarischen Staatsgrenze und dieser nach Westen folgend zur österreichischen Staatsgrenze. Das Gebiet Dinarischer Westbalkan umfasst daher den Karst, Kroatien, Bosnien-Herzegowina, Montenegro, Teile Serbiens sowie ganz Dalmatien inklusive der Inseln (vgl. ebd. XIV). Im Norden grenzt das Gebiet 6 (**Hellenischer Westbalkan**) an das Gebiet 5, den Dinarischer Westbalkan, weiter im Osten an die "Vardar-Linie", die entlang der Flüsse Morava – Ptschinja – Vardar nach Süden hin verläuft bis hin zum Golf von Saloniki. Der Hellenische Westbalkan umfasst daher Albanien, das westliche Mazedonien sowie Griechenland westlich der Halbinsel Chalkidike mit Pelpponnes, Kreta und Zykladen einschließlich der anderen Inseln der Region (vgl. Illies 1978, XIV). Der **Ostbalkan** (Gebiet 7) umfasst die Gebiete des Balkan- und Rhodopen-Gebirge, das westlich Mazedonien, das östliche Griechenland inklusive der vorgelagerten Inseln der Ägäis. Das Gebiet umfasst aber nicht die Inseln Tenedos bis Rhodos. Westgrenze des Ostbalkans ist die "Vardar-Linie" (Morava

– östliche Morava – Vardar). Diese Flüsse zählen aber nicht zu diesem Gebiet. Die nordgrenze verläuft entlang der Donau (excl.) von der Morava-Mündung nach Osten bis zur bulgarischen Staatsgrenze und von dort aus entlang der 500-m Linie des Balkan-Gebirges bis zur Schwarzmeerküste südlich von Varna. Die Südostgrenze ist die Küste des Marmara-Meeres (vgl. Illies 1978, XV). Das Gebiet 8 (**Westliches Mittelgebirge**) erstreckt sich, laut Illies (1978), von den Mittelgebirge westlich der Rhone – Aare – Rhein oberhalb der 500-m Linie und umfasst das französische Zentralplateau (Cevennen, Auvergne), den Französischen und Schweizer Jura, die Vogesen, Lothringen, Pfalz, Eifel, Ardennen und Argonnen (vgl. ebd. XV).

Das **Zentrale Mittelgebirge** (Gebiet 9) bezieht das deutsche Mittelgebirge inklusive den Teutoburger Wald, Wesergebirge, Harz, Erzgebirge, die Sudeten, Böhmer und Bayrischer Wald, Mähren, Schwarzwald, Alb und schwäbisch-bayerisches Alpenvorland sowie den Rhein vom Bodensee (excl.) bis nach Duisburg und die Donau von der Quelle bis Wien mit ein. Die Westgrenze ist der Rhein inklusive der Oberrheinischen Tiefebene. Die Nordgrenze ist die 500-m Linie des deutschen und tschechischen Mittelgebirges. Die Ostgrenze verläuft der Oder bis zur 500-m Linie entlang der Mährischen Pforte, 500-m Linie westlich der Mach bis hin zur Donau bei Wien. Die Südgrenze verläuft entlang des Gebiets 4, den Alpen (vgl. Illies 1978, XV). Die **Karpaten** (Gebiet 10) umfassen die Beskiden, Weiße Karpaten, Tatra, slowakische Erzgebirge, die Waldkarpaten, Ostkarpaten, Südkarpaten, das Banater Bergland, Siebenbürgen sowie das Bihar-Gebirge. Die Grenze hier ist die 500-m Linie und im Westen grenzt es an das Gebiet 9, das Zentrale Mittelgebirge (vgl. Illies 1978, XV). Gebiet 11, die **Ungarische Tiefebene** bezieht das Wiener Becken, die Ungarische Tiefebene, den Banat, die Niederungen von Theiss, Donau und Save, den Neusiedlersee sowie den Balaton-Se, die Donau von Wien bis zur Morava-Mündung und die Thermen von Großwardein mit ein. Grenze dieses Gebiets ist die 500-m Linie am Rand der ungarischen Tiefebenen, also das Wiener Becken, die Südzipfel der Slowakei zwischen Preßburg und Gran, westlich Rumänien auf der Linie Satmar – Temeschburg, Banat, damaliges Jugoslawien nördlich der Save zwischen Zagreb und Belgrad (vgl. Illies 1978, XV). Die **Pontische Provinz** (Gebiet 12) schließt, laut Illies (1978), die Walachei, Dobrudscha, das südliche Bessarabien, die Mündungsgebiete von Donau, Dnejestr, Bug und Dnjepr sowie die Krim bis zur Straße von Kertsch mit ein. Die Nordgrenze dieses Gebiets ist die 250-m Linie entlang der Linie Ploesti – Buzau – Kischniew – Kirowograd – Dnjepropetrowsk – Shdanow zur Küste des Asowschen Meeres. Die Südgrenze grenzt an das Gebiet 7 (vgl. ebd. XVI).

Das **Westliche Flachland** (Gebiet 13) umfasst die Camargue, das französische Flachland und Flandern, die Kanalinseln und die französischen Inseln der Atlantik-Küste. Die Südgrenze ist die 1000-m Linie der Pyrenäen (vgl. Illies 1978, XVI). Dieses Gebiet 14 (**Zentrales Flachland**) umfasst die holländische und norddeutsche Tiefebene, Dänemark, Südschweden, die Nordsee-Inseln und die Inseln der westlichen Ostsee, das schlesische Becken und die oberschlesisch-polnische Platte. Die Westgrenze verläuft entlang des Rheins nördlich der Ruhr bis zur Mündung. Die Nordgrenze ist der "Limes norlandicus" (Linie vom Oslofjord (Stadt Oslo inkl.) nach Osten bis zum Dal Älv und diesem folgend zur Ostsee). Die Ostgrenze ist die Weichsel, wobei diese nicht zu diesem Gebiet gehört. Die Südgrenze ist die 500-m Linie des zentralen Mittelgebirges (Gebiet 9) (vgl. Illies 1978, XVI). Die **Baltische Provinz** (Gebiet 15) beinhaltet, laut Illies (1978) das östliche Küstenland der Ostsee südlich des Finnischen Meerbusens (vgl. ebd. XVI). Das Gebiet 16 (**Östliches Flachland**) umschließt die Weichsel außerhalb der Karpaten und große Abschnitte von Dnepr, Dnjestr, Don, Wolga, Rokitno-Sümpfe sowie die russischen und ukrainischen Hügelgebiete. Die Nordgrenze ist das Baltikum (Gebiet 15) und die Taiga (Gebiet 23), im Osten ist die Grenzer der Ural und im Süden der Don und die Wolga. Wobei die Wolga nicht zu diesem Gebiet gezählt wird (vgl. Illies 1978, XVI). Das Gebiet **Irland** (Gebiet 17) umfasst die ganze Insel sowie die in der Küstenlinie liegenden Inseln (vgl. Illies 1978, XVI). Das Gebiet 18 **England** umfasst die ganze Insel sowie die in der Küstennähe liegenden Inseln. Zudem zählen auch die Inseln Man, Hebriden, Orkneys, Shetlands und Faröer zum Gebiet England (vgl. Illies 1978, XVI). Das Gebiet 10 (**Island**) ist das Gesamtgebiet der Insel Island (vgl. Illies 1978, XVI). Zum Gebiet **Boreales Hochland** (20) gehört das skandinavische Hochgebirge von der Atlantik-Küste nach Osten bis zur norwegischen Staatsgrenze und darüber hinweg nach Schweden auf der Linie Särna – Östersund – Sorsela – Kiruna. Die Nordgrenze ist die Linie Tromsö – Torne Älv (liegt in Schweden an der finnischen Staatsgrenze). Zudem zählen auch die norwegischen Atlantikinseln einschließlich der Lofoten zu diesem Gebiet (vgl. Illies 1978, XVI). Die Region **Tundra** (Gebiet 21) umfasst Finnmark (Norwegen), finnisch Lappland, die Murmansk-Küste und den größten Teil der Halbinsel Kola und Novaja Semlja (vgl. Illies 1978, XVI). **Nordschweden** (Gebiet 22) umfasst das schwedische Hügelland östlich der lappländischen Seen von Dalarna bis nach Norbotten. Westgrenze ist das Gebiet 20 (Boreales Hochland. Südgrenze ist der "Limes norlandicus" (Gebiet 14–Zentrales Flachland) und die Nordostgrenze ist die Staatsgrenze Finnlands (vgl. Illies 1978, XVI). Zum Gebiet

Taiga (Gebiet 23) zählt das finnische Seengebiet, der Ladoga-See und die nordrussische Taiga sowie das Petschora-Gebiet (finnische und nordrussische Nadelwaldregion). Die Ostgrenze bildet der Ural und die Südgrenze wird gebildet durch die Linie Leningrad (heute Sankt Petersburg – Molotow (heute Perm) (vgl. Illies 1978, XVI). Der **Kaukasus** (Gebiet 24) umfasst das ganze Gebiet des Kaukasus. Die Grenze im Norden wird gebildet von Kuban bis Kropotkin mit der 500-m Linie hin nach Osten bis zum Kaspischen Meer. Im Süden wird das Gebiet von der türkischen und iranischen Staatsgrenze eingegrenzt (vgl. Illies 1978, XVI). Manytsch-Niederung, das Tiefland beiderseits des Wolga Unterlaufes und das gesamte Tiefland nördlich des Kaspischen Meeres gehört zum Gebiet der **Kaspischen Niederung** (Gebiet 25). Die Westgrenze verläuft vom Ostufer des Asowschen Meeres Don-aufwärts bis Klatsch, von Stalingrad (Wolgograd) entlang der Wolga bis Kujbyschew. Nordgrenze ist die Linie Kujbyschew (Samara) – Tschkalow (vgl. Illies 1978, XVI).

2.2.2 Österreich und Kärnten

In Moog & Ofenböck (2000) wird Österreich aus gewässerökologischer Sicht mit Hilfe der Einteilung nach Illies (1978) in sechs Ökoregionen gliedert. Dabei umfasst Österreich die Gebiete Italien, Dinarischer Westbalkan, Zentrales Mittelgebirge, Karpaten und die Ungarische Tiefebene (siehe Abbildung 3). Das Gebiet 7 (Ostbalkan) wird in Österreich nicht berührt, da die Grenze "Donau ab March-Mündung" vom Ostbalkan ausgenommen wird (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 13).

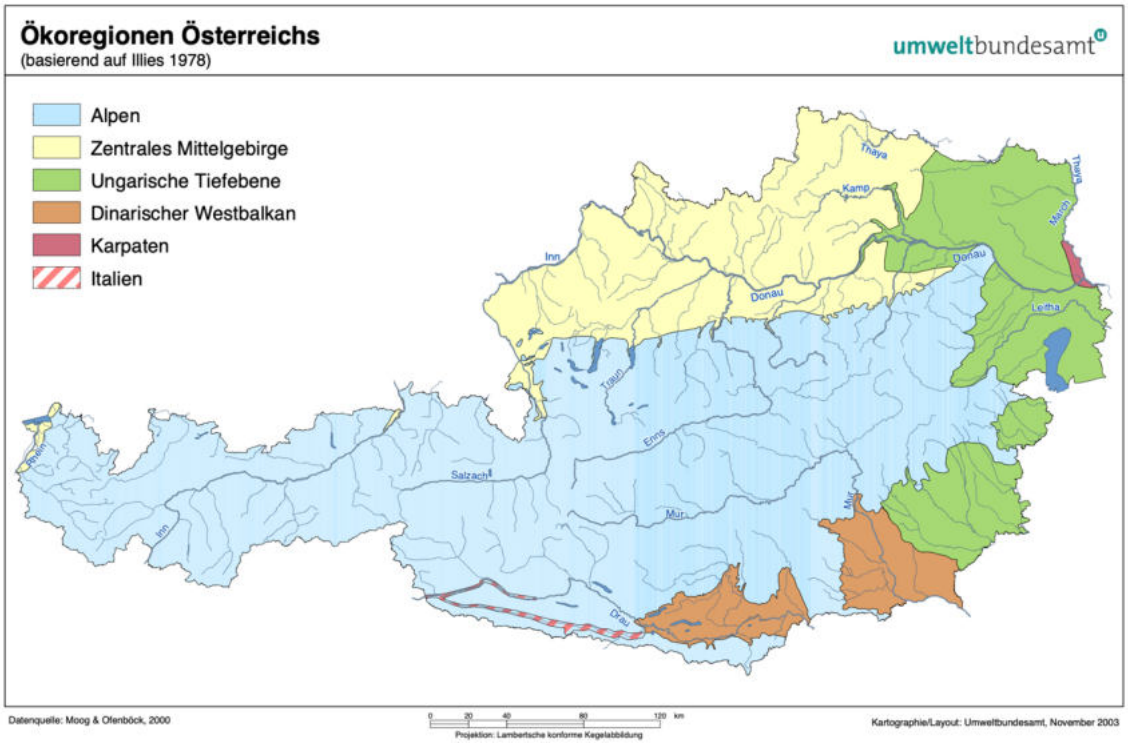

Abbildung 3: Die Ökoregionen Österreichs basierend auf ILLIES (1979) (Umweltbundesamt.at 2003).

Die Ökoregion 3 – Italien reicht bis nach Kärnten, da Illies (1978) als Grenze im Norden die 1.000-m Linie der Alpen angegeben. Zudem stellen auch die Übergänge der Drau bei Sillian (ca. 1.100m) und der Gailitz bei Tarvis (ca. 600 m) potenzielle Einwanderungsstrecken "italienischer" Fauna-Elemente in den Alpenraum Österreichs dar. Auf Grund der verkarsteten Region ist eine Verbindung beider Ökoregionen unterirdisch mit Hilfe zusammenhängender Gewässersysteme möglich. Von der Oberflächenform her ist dies aber nicht möglich, da sie getrennt sind. Allerdings gibt es Hinweise, dass in den letzten Eiszeiten verschiedene Gewässer die Laufrichtungen geändert haben, so wurde in Honsig-Erlenburg & Podgornik (2013) nachgewiesen, dass in Kärnten der Adriastamm der Koppe (ein Bodenfisch der Oberläufe) beheimatet ist. Hier scheint eine Einwanderung über das Kanaltal (Gailitz) wahrscheinlich. In der in Abbildung 3 gezeigten Karte ist diese Ökoregion 3 schraffiert dargestellt und umfasst das Gailitztal, das Gailtal, das Lesachtal und das obere Drautal (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 13). Die Westgrenze der Alpen (Ökoregion 4), der hier in Abbildung 3 zu sehenden Karte ist das Rheintal bis zur Talbeckenform und der Grenze der Fließgewässer-Naturräume folgend entlang der 450-m Linie im Osten, der Untergrenze der submontanen Zone. Die Nordgrenze wird von der Flysch-Zone (siehe Abbildung Aquatische Bioregionen) gebildet. Die Südgrenze ist die Untergrenze der Submontazone (600-m Linie) als Trennungslinie

zur Ökoregion 11 (Ungarische Tiefebene). Süden = Alpen überschreiten österreichisches Gebiet. Einstrahlende Ökoregion 5 (Dinarischer Westbalkan) im Raum des Klagenfurter Becken ist die Abgrenzung die Obergrenze der Submontanzone (700-m Linie). Dargestellt in Abbildung 3 wird das Gebiet "Alpen" in hellblau (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 13f.). Die Ökoregion 5 (Dinarischer Westbalkan) liegt westlich und Östlich der Koralpe, welche zu den Alpen zählt, und erstreckt sich entlang der Drau und der Mur. Die Grenze im Norden und im Osten bildet gegen die Ökoregion 4 (alpen) die Untergrenze der Submontanzone (500-m Linie). Trennlinie im Osten in Richtung Ungarische Tiefebene (Ökoregion 11) wird die Wasserscheide zwischen Einzugsgebiet der Raab und der Mur angesehen. Im Westen stellt die Obergrenze der Submontanzone (700-m Linie) die Grenze dar und stimmt gut mit der Geländeform der Kärntner Beckenlandschaft überein. In der Karte (siehe Abbildung 3) ist diese Ökoregion braun dargestellt (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 14). Grenze des Zentralen Mittelgebirges (Ökoregion 9) im Süden ist das Gebiet "Alpen" und beinhaltet das Bayerisch-Österreichische Alpenvorland (siehe Abbildung 3) sowie das Österreichische Granit- und Gneisgebiet der Böhmischen Masse und das Vorarlberger Vorland. Im Osten wird das Zentrale Mittelgebirge abgegrenzt von der Ökoregion 11 (Ungarische Tiefebene), diese beiden Ökosysteme sind miteinander verzahnt und klimatische Aspekte die Grenzführung vorgegeben haben (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 14). Laut Illies (1978) ist die 500-m- Linie zum Gebiet 9 und Gebiet 11 die West-Grenze der Karpaten (Ökoregion 109. Daher hat Österreich zwar keinen direkten Gebietsanteil an den Karpaten, doch die Gewässer der Kleinen Karpaten im Nordwesten von Bratislava münden in die March. Weshalb die Karpaten zoogeografisch nach Österreich ausstrahlen und daher in Abbildung 3 in lila dargestellt werden (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 15). Die Ungarische Tiefebene wird von der Ökoregion 5 (Dinarischer Westbalkan) von der Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten der Raab und der Mur getrennt. Bei der Grenze zu den Alpen (Gebiet 4) wird die Ungarische Tiefebene anhand der Untergrenze der Submontanzone (600-m Linie) abgegrenzt. Die Grenze zum Gebiet 9 wurde durch den Aspekt des pannonischen Klimas gezogen. Zudem streckt sich die Ungarische Tiefebene im Donau- und Kamptal weit in das Zentrale Mittelgebirge hinein. Farblich gekennzeichnet wird dieses Gebiet in der Karte (siehe Abbildung 3) in grün (vgl. Moog & Ofenböck 2000, 15). In Kärnten gibt es drei Ökoregionen die Ökoregion 3 (Italien), Ökoregion 4 (Alpen) und die Ökoregion 5 (Dinarischer Westbalkan) (vgl. Moog & Ofenböck 2000).

2.3 Bioregionen

Eine Bioregion ist eine einzigartige und räumlich von anderen Klassen getrennte Kategorie. Jede Bioregion tritt innerhalb einer größeren Landschaft (übergeordneten Landschaftseinheit, z.B. Ökoregion) nur einmal auf. Die Gewässer innerhalb einer Bioregion sollen in Bezug auf Umweltfaktoren und Organismenstruktur homogen sein und möglichst große Unterschiede zu anderen Bioregionen aufweisen (Hawkins & Norris 2000, zitiert nach Moog et al. 2001, 38). Um die österreichischen aquatischen Bioregionen noch genauer unterteilen zu können, wurden die Ökoregionen in Bioregionen unterteilt, sprich die Bioregionen sind den Ökoregionen untergeordnet.

2.3.1 Österreich

In Österreich gibt es insgesamt 15 aquatische Bioregionen (Vorarlberger Alpenvorland, Alpine Molasse, Helvetikum, Kalkhochalpen, Kalkvoralpen, Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland, Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmischen Masse, Östliche Flach- und Hügelländer, Flysch, Grazer Feld und Grabenland, Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen, Südliche Inneralpine Becken, Südalpen, Unvergletscherte Zentralalpen, Vergletscherte Zentralalpen), welche in Abbildung 4 graphisch dargestellt werden (vgl. Wimmer et al. 2012, 103ff.).

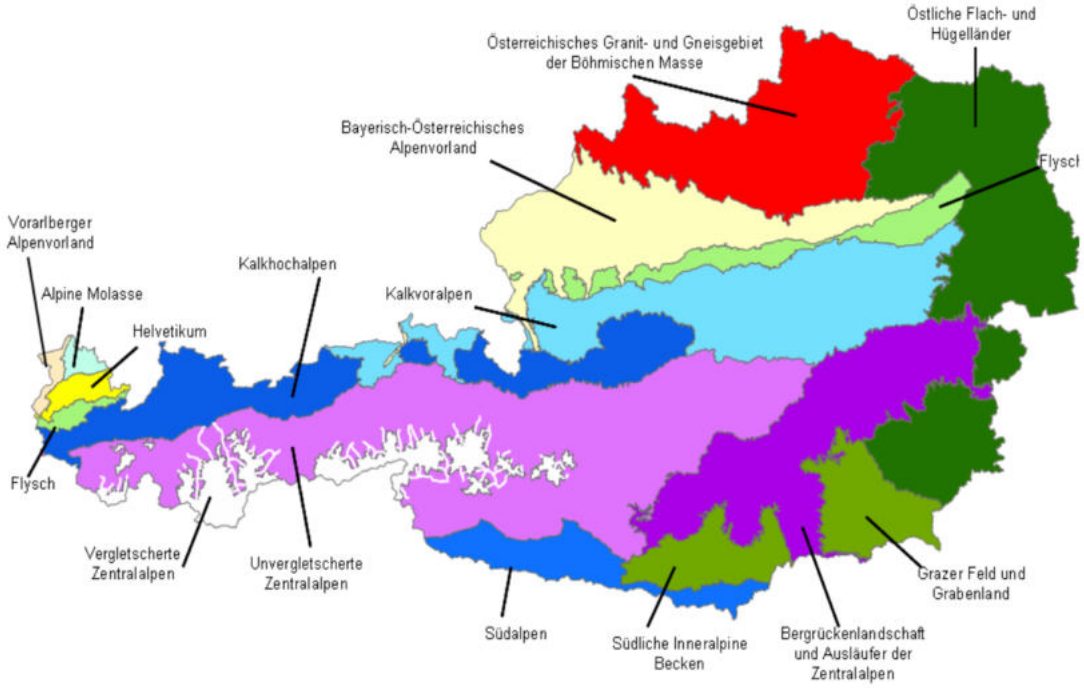

Abbildung 4: Aquatische Bioregionen (Ris.bka.gv.at 2023).

2.3.1.1 Vorarlberger Alpenvorland

Das Vorarlberger Alpenvorland reicht vom Bodensee und dem Rheintal im Westen bis hin zum Allgäu im Osten und von Norden vom schwäbisch-bayerischen Alpenvorland hin zur alpinen Molasse im Süden. Diese Bioregion liegt in einem Höhenbereich von 400 bis 500 m Seehöhe und unterliegt der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge. Epirhithral[1], Metarhithral[2] sowie Hyporhithral[3] und Epipotamal[4] sind die Fischregionen[5] des Vorarlberger Alpenvorlandes (vgl. Wimmer et al. 2012, 103f.).

[1] Obere Forellenregion (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023a).
[2] Untere Forellenregion (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023a).
[3] Äschenregion (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023a).
[4] Barbenregion (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023a).
[5] Fischregionen sind Fließgewässer, die durch deren Leitfischarten charakterisiert werden. Diese unterschiedliche Charakterisierung entsteht zudem durch die unterschiedlichen Faktoren, denen ein Fließgewässer ausgesetzt sind. Solche wären beispielsweise geographische Lage, Seehöhe sowie Gefälle. Gebirgsbäche weisen im Gegensatz zu tiefer gelegenen Fließgewässern eine niedrigere Temperatur sowie ein hohes Gefälle, eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und eine hohe Sauerstoffkonzentration auf (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023a).

2.3.1.2 Alpine Molasse

Die Bioregion Alpine Molasse reicht vom Rheintal bis zum salzburgisch-bayerischen Alpenvorland und von der Vorlandmolasse im Norden bis zur nördlichen Flyschzone im Süden. Diese Bioregion befindet sich in einem Höhenbereich von bis über 1.500 m.ü.A.. und ist der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. Die Fischregionen, welche sich in dieser Region befinden, sind Epirhithral, Metarhithral und Hyporhithral (vgl. Wimmer et al. 2012, 93f.).

2.3.1.3 Helvetikum

Die Lage des Helvetikum befindet sich zwischen der nördlichen Flyschzone (Flyschgebiete des Bregenzer Waldes) und er Vorarlberger Hauptflyschzone im Süden. Das Helvetikum umfasst einen Höhenbereich von 400 bis rund 2.000 m Seehöhe. Diese Region ist der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet und Epirhithral, Metarhithral und Hyporhithral sind die Fischregionen des Helvetikums (vgl. Wimmer et al. 2012, 85f.).

2.3.1.4 Kalkhochalpen

Die Kalkhochalpen werden in Westliche Kalkhochalpen, Zentrale Kalkhochalpen und Östliche Kalkhochalpen geteilt. Die Westlichen Kalkhochalpen erstrecken sich vom Rätikon bis zum Kaisergebirge und befinden sich in einer Hochlage zwischen 2.000 und 3.000 m.ü.A.. Die Zentralen Kalkhochalpen verlaufen von den Steibergen bis zum Toten Gebirge und liegen wie die Westlichen Kalkhochalpen in einer Hochlage von 2.000 bis 3.000 m.ü.A.. Die Östlichen Kalkhochalpen erstrecken sich von den kalkalpinen Ennstaler Alpen (Gesäuse) bis zum Schneeberg. Dieser Teil der Kalkhochalpen liegt im Höhenbereich zwischen 2.000 und 2.400 m.ü.A.. Die Kalkhochalpen sind der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet und die Fischregionen, welche man in dieser Region findet, sind Epirhithral, Metarhithral und Hyporhithral (vgl. Wimmer et al. 2012, 64ff.).

2.3.1.5 Kalkvoralpen

Die Bioregion Kalkvoralpen breitet sich von den Brandenberger Alpen, Unterberghorn, Steinplatte, Sonntagshorngruppe, Untersberg, Osterhorn-Gamsfeldgruppe über die ober- und niederösterreichischen Kalkvoralpen bis zum Kalkwienerwald aus. Diese Region liegt zwischen der Flyschzone im Norden und den zentralen und östlichen Kalkhochalpen im Süden. Der Höhenbereich befindet sich bis zu einer Seehöhe von 2.000 m.ü.A.. Die Kalkvoralpen sind der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. Epirhithral, Metarhithral

und Hyporhithral sind die Fischregionen, welche sich in dieser Bioregion befinden (vgl. Wimmer et al. 2012, 51f.).

2.3.1.6 Bayerisch-Österreichisches Alpenvorland

Das Bayerisch-Österreichische Alpenvorland lässt sich in folgende Bereiche teilen. Diese Teilbereiche sind das Salzburgisches Vorland, Innviertler- und Hausruckviertler Hügelland, Hausruck und Kobernaußerwald, Unteres Trauntal inkl. Welser Heide und Donautal bei Linz, Traun-Enns-Platte, Terrassenland des Alpenvorlandes zwischen Enns und Tullner Feld sowie Tullner Feld und Korneuburger Becken (vgl. Wimmer et al. 2012, 109ff.).

Das Salzburgerische Vorland erstreckt sich vom Bayerischen Alpenvorland und den Kalkvoralpen im Westen hin zum Kobernaußer Wald und wird eingegrenzt von den Flysch- und Sandsteinvoralpen und der Osterhorn-Gamsfeldgruppe im Osten, vom Innviertler und Hausruckviertler Hügelland bis zu den Kalkvoralpen. Der Höhenbereich des Salzburgerischen Vorlandes liegt zwischen 400 und rund 600 m Seehöhe und ist der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge untergeordnet (vgl. Wimmer et al. 2012, 109).

Innviertler- und Hausruckviertler Hügelland wird vom Bayerischen Alpenvorland im Westen bis zum unteren Trauntal und vom Sauwald im Norden sowie vom Salzburgerischen Vorland, dem Hausruck und dem Kobernaußerwald im Süden abgegrenzt. Diese Teilregion liegt zwischen 300 und 500 m.ü.A. und ist der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge untergeordnet (vgl. Wimmer et al. 2012, 110).

Hausruck und Kobernaußerwald ist im Westen, Norden und Osten vom Salzburgerischen Vorland, dem Innviertel bis zum Hausruckviertler Hügelland umgeben und im Süden von den Flysch oder Sandsteinvoralpen eingeschlossen. Der Hausruck und Kobernaußerwald liegen im Höhenbereich von 400 bis maximal 800 m Seehöhe und unterliegen der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge (vgl. Wimmer et al. 2012, 110).

Unteres Trauntal inkl. Welser Heide und Donautal bei Linz ist im Westen und im Norden vom Innviertler- und Hausruckviertler Hügelland bis zur Traun-Enns-Platte im Süden und Osten umgeben. Der Höhenbereich, in welchen sich das Untere Trauntal inklusive Welser Heide und Donautal bei Linz befindet, ist zwischen 260 und 360 m Seehöhe und ist der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge untergeordnet (vgl. Wimmer et al. 2012, 110).

Die Traun-Enns-Platte ist vom Trauntal im Nordwesten, vom Donaufeld im Norden, von der Enns im Osten und im Süden von der Flyschzone begrenzt. Der Höhenbereich

liegt bei circa 300 bis rund 450 m Seehöhe und ist dem Zentralen Mittelgebirge (Ökoregion 9) untergeordnet (vgl. Wimmer et al. 2012, 111).
Das Terrassenland des Alpenvorlandes zwischen Enns und Tullner Feld erstreckt sich von der Enns im Westen bis zum Südrand des Tullner Feldes im Osten und im Norden von der Donau und dem Rand des Dunkelsteiner Waldes bis zum Nordrand des Flyschs. Der Höhenbereich liegt zwischen 200 und 400 m Seehöhe und diese Teilregion unterliegt der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge (vgl. Wimmer et al. 2012, 111).
Das Tullner Feld und Korneuburger Becken erstreckt sich von Krems ostwärts in Richtung Wiener Pforte, vom Südrand des westlichen Weinviertels und südwärts bis zum Terrassenland des Alpenvorlandes bis zu den Flysch- oder Sandsteinvoralpen. Der Höhenbereich liegt bei unter 200 m Seehöhe und das Tullner Feld und Korneuburger Becken sind der Ökoregion 11 Ungarische Tiefebene untergeordnet (vgl. Wimmer et al. 2012, 112).
Die Fischregionen, welche man im Bayerisch-Österreichischem Alpenvorland findet, sind Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal (vgl. Wimmer et al. 2012, 113).

2.3.1.7 Österreichisches Granit- und Gneisgebiet der Böhmischen Masse

Das Österreichische Granit- und Gneisgebiet der Böhmischen Masse umfasst 5 Fließgewässernaturräume. Zu diesen zählen der Böhmerwald, Mühlviertler Hochland inklusive Sauwald und Kürnberger Wald, Freiwald - Weinsberger Wald (Hohes Waldviertel), Westliches Niederes Waldviertel und Östliches Niederes Waldviertel. Diese Bioregion erhebt sich von rund 250 bis 1.379 m (Pöckstein) Seehöhe und unterliegt der Ökoregion 9 Zentrales Mittelgebirge. Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal sind die Fischregionen dieser Bioregion (vgl. Wimmer et al. 119f.).

2.3.1.8 Östliche Flach- und Hügelländer

Die Östlichen Flach- und Hügelländer wird unterteilt in Westliches Weinviertel, Klippenzone, Östliches Weinviertel und Marchfeld, Kalkschotterfächer des Steinfeldes, Feuchte Ebene, Nordburgenländische Bucht (Eisenstädter Bucht), Mittelburgenländische Bucht (Oberpullendorfer Bucht) und in das Oststeirische und Südburgenländische Hügelland (vgl. Wimmer et al. 2012, 129ff.).
Das Westliche Weinviertel erstrecken sich vom östlichen Niederen Waldviertel inklusive des Manhartsbergs im Westen bis zur Klippenzone im Osten und von der Böhmisch-

Mährischen Höhe im Norden bis zum Tullner Feld im Süden. Der Höhenbereich liegt bei rund 200 bis 360 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al. 2012, 129).
Die Klippenzone liegt zwischen dem Westlichem und Östlichem Weinviertel und liegt in einem Höhenbereich von bis zu 500 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al. 2012, 129).
Das Östliche Weinviertel und das Marchfeld wird abgegrenzt von der Klippenzone im Westen bis hin zur Marchniederung im Osten und von der Thaya-Niederung im Norden bis zur Donau im Süden. Der Höhenbereich liegt hier zwischen 140 und 360 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al. 2012, 130).
Die Kalkschotterfächer des Steinfeldes ist der Südteil des Wiener Beckens von Gloggnitz bis zur Linie Kottingbrunn - Ebenfurth Tattendorf. Die Kalkschotterfächer des Steinfeldes weisen eine Höhe von 230 bis 450 m Seehöhe auf (vgl. Wimmer et al. 2012, 130).
Die Feuchte Ebene erstreckt sich nördlich der Linie Kottingbrunn - Ebenfurth bis hin zu Arbesthaler Hügelland beziehungsweise bis zur Donau. Dabei weist die Feuchte Ebene eine Höhe von 150 bis rund 230 m Seehöhe auf (vgl. Wimmer et al. 2012, 130).
Die Nordburgenländische Bucht (Eisenstädter Bucht) wird im Süden, Westen und Norden von den Nordostausläufern der Zentralalpen sowie dem Wiener Becken bis hin zum Kleinen Ungarischen Tiefland eingegrenzt. Der Höhenbereich liegt zwischen 115 und 250 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al. 2012, 131).
Die Mittelburgenländische Bucht (Oberpullendorfer Bucht) reicht im Süden, Westen und Norden bis zu den Nordostausläufern der Zentralalpen bis zum Kleinen Ungarischen Tiefland im Osten. Zwischen 200 und 400 m liegt hier der Höhenbereich (vgl. Wimmer et al. 2012, 131).
Das Oststeirische und Südburgenländische Hügelland wird eingegrenzt vom Grazer Feld im Westen, vom Kleinen Ungarischen Tiefland im Osten, von der Bergrückenlandschaft im Norden und reicht im Süden bis zum Grabenland. Der Höhenbereich liegt bei 200 bis 400 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al. 2012, 132).
Diese Bioregion ist der Ungarischen Tiefebene (Ökoregion 11) unterstellt (vgl. Wimmer et al. 2012, 129). Die Fischregionen, welche sich in dieser Bioregionen vorfinden, sind Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal (vgl. Wimmer et al. 2012, 133).

2.3.1.9 Flysch

Die Lage der Flyschzone erstreckt sich vom Rheintal bis zum Wiener Becken sowie vom Alpenvorland im Norden (Grenzlinie ist hierbei nicht die Untergrenze der submon-

tanen Stufe) bis zum Helvetikum und den Kalkalpen im Süden. Die Flyschzone liegt in einem Höhenbereich von 400 bis 2.000 m.ü.A. und ist der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. Fischregionen, welche dort sich befinden, sind Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal (vgl. Wimmer et al. 2012, 41f.).

2.3.1.10 Grazer Feld und Grabenland

Das Grazer Feld und Grabenland lässt sich in Grazer Feld, Ostmurisches Grabenland und Weststeirisches Hügelland untergliedern (vgl. Wimmer et al. 2012, 142f.).
Das Grazer Feld wird eingegrenzt vom Weststeirischen Hügelland im Süden und Westen und vom Oststeirischen und Südburgenländischen Hügelland sowie Grabenland im Osten und Norden. Der Höhenbereich liegt zwischen 200 und 350 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al, 2012, 142).
Das Ostmurisches Grabenland liegt orografisch links der Mur und wird durch das Leibnitz-Murecker Feld vom Weststeirischen Hügelland getrennt. Das Ostmurische Grabenland weist Höhen zwischen 200 und 600 m Seehöhe auf (vgl. Wimmer et al, 2012, 142).
Das Weststeirisches Hügelland liegt im Süden, Westen und Norden der Bergrückenlandschaft und liegt in einem Höhenbereich von 200 bis 400 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al, 2012, 142f.).
Untergeordnet ist diese Bioregion der Ökoregion Dinarischer Westbalkan (vgl. Wimmer et al. 2012, 142) Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal sind die Fischregionen der Bioregion Grazer Feld und Grabenland (vgl. Wimmer et al, 2012, 144).

2.3.1.11 Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen

Als Bergrückenlandschaft der Unvergletscherten Zentralalpen erstreckt sich diese Bioregion von den Gurktaler Alpen bis zum Wechselgebiet, von der Mur-Mürz-Furche bis hin zum Klagenfurter Becken. Hierbei liegt diese Bioregion in einem Höhenbereich von unter 2.400 m.ü.A. Untergeordnet ist die Bergrückenlandschaft der unvergletscherten Zentralalpen der Ökoregion 4 Alpen und am Rand auch der Ökoregion 5 Dinarischer Westbalkan. Als Nordost-Ausläufer der Zentralalpen verläuft diese Bioregion von der Buckeligen Welt bis zu den Hainburger Bergen einschließlich des Rosaliengebirges und des Günser Gebirges. Der Höhenbereich hier liegt bei 200 bis 900 m.ü.A. Als Bioregion der Ökoregion untergeordnet, zählt diese Region zur Ökoregion 4 Alpen und gegen Nordosten hin auch zur Ökoregion 11 Ungarische Tiefebene. Die vorherrschenden Fischregionen sind in der Bergrückenlandschaft Epirhithral, Metarhithral und Hyporhithral (vgl. Wimmer et al. 2012, 28f.).

2.3.1.12 Südliche Inneralpine Becken

Zu den Südlichen Inneralpinen Becken zählen das Klagenfurter Becken und das Lavanttaler Becken (vgl. Wimmer et al, 2012, 149). Das Klagenfurter Becken liegt zwischen den Südalpen und der Bergrückenlandschaft der unvergletscherten Zentralalpen und weist eine Höhe von 400 bis rund 1.000 m Seehöhe auf (vgl. Wimmer et al, 2012, 149). Das Lavanttaler Becken erstreckt sich von der Saualpe und den St. Pauler Bergen im Westen bis zum Steirischen Randgebirge (Koralpe) im Osten und steht über das Drautal bei Lavamünd mit dem Klagenfurter Becken in Verbindung. Der Höhenbereich liegt bei 350 bis 500 m Seehöhe (vgl. Wimmer et al, 2012, 149). Die Südlichen Inneralpinen Becken sind der Ökoregion 5 Dinarischer Westbalkan untergeordnet (vgl. Wimmer et al, 2012, 149). Fischregionen der Südlichen Inneralpinen Becken sind Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal (vgl. Wimmer et al, 2012, 150).

2.3.1.13 Südalpen

Die Südalpen verlaufen von den Lienzer Dolomiten bis zu den Karawanken und den Randbereichen der Steiner Alpen, von den Zentralalpen, der Südlichen Längstalfurche und dem Klagenfurter Becken im Norden bis zu den Karnischen Hochalpen, den Julischen Alpen sowie dem südöstlichen Vorland. Die Höhenlagen reichen von Tallagen (350m) bis 2.800 m.ü.A.. Die Südalpen sind der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. In den Tallagen unterhalb von 1.000 m Seehöhe ist diese Region der Ökoregion 3 Italien untergeordnet, was in der Praxis aber keine Relevanz findet. Die Fischregionen in den Südalpen sind Epirhithral, Metarhithral, Hyporhithral und Epipotamal (vgl. Wimmer et al. 2012, 75f.).

2.3.1.14 Unvergletscherte Zentralalpen

Die Unvergletscherten Zentralalpen erstrecken sich von den Tuxer Alpen bis zu den Mürztaler Alpen und von den Kalkhochalpen im Norden bis zu den Zentralalpen im Süden. Der Höhenbereich dieser Bioregion liegt bei bis zu über 2.000 m.ü.A., wobei diese Region nicht weiter als 2.900 m.ü.A. liegt. Zudem ist diese Bioregion der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. Die Fischregionen, welche man in dieser Region findet, sind Epirhithral, Metarhithral und Hyporhithral (vgl. Wimmer et al. 2012, 15f.)

2.3.1.15 Vergletscherte Zentralalpen

Die Vergletscherten Zentralalpen erstrecken sich vom Silvretta Gebirge bis hin zu den Hohen Tauern. Die Vergletscherten Zentralalpen liegen zudem zwischen den nördlichen

Kalkhochalpen, der Grauwackenzone sowie den südlichen Kalkalpen und der südlichen Längstalfolge (vom Pustertal durch das Drautal über das Klagenfurter Becken bis ins Tal der Mieß/Meza). Die Vergletscherten Zentralalpen befinden sich in einem Höhenbereich von 800 bis 3.797 m.ü.A. Wie auch die Unvergletscherten Zentralalpen ist diese Bioregion der Ökoregion 4 Alpen untergeordnet. In dieser Bioregion sind die Fischregionen Epirhithral und Metarhithral vertreten (vgl. Wimmer et al. 2012, 8f.).

2.3.2 Kärnten

Die Bergrückenlandschaften und Ausläufer der Zentralalpen, das Inneralpine Becken, die Südalpen, die Unvergletscherten Zentralalpen und die Vergletscherten Zentralalpen sind jene 5 Bioregionen, welche im Bundesland Kärnten anteilig sind (siehe Abbildung 5) (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023b).

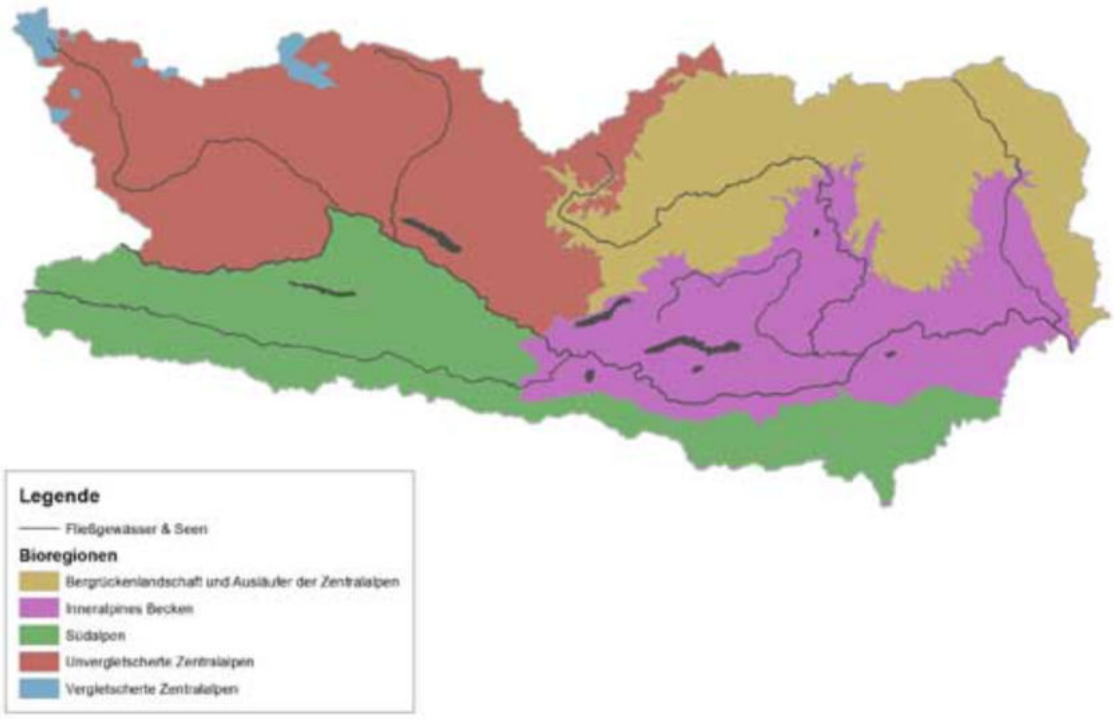

Abbildung 5: Bioregionen in Kärnten (Kärntner Institut für Seenforschung 2023b).

2.4 Wörthersee

Der Wörthersee liegt in einer Talfurche abseits der Hauptentwässerungslinie Drau und weist bei einer Länge von 16,5 km eine Fläche von 19,39 km^2 auf. Der flächenmäßig größte See Kärntens erstreckt sich in Ost-West Richtung und ist gekennzeichnet von Inseln, Halbinseln sowie unterseeischen Schwellen, welche in drei Becken gegliedert werden. Das tiefste Becken befindet sich im westlichen Bereich des Wörthersees und erstreckt sich von Velden bis nach Pörtschach und weist eine Fläche von 7,9 km^2 auf und hat eine maximal Tiefe von 85,2m. Das kleinste Becken (Fläche: 3,5 km^2 und eine maximal Tiefe von 39,9 m) reicht von Pörtschach bis nach Maria Wörth. Das östlichste Becken erstreckt sich von Maria Wörth bis nach Klagenfurt mit einer Gesamtfläche von 8 km^2 und einer maximal Tiefe von 73,2 m (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023). Aufgrund der Fischfauna im Wörthersee wird der Wörthersee auch als Laubensee bezeichnet (vgl. Ris.bka.gv.at 2018). Der See wird aufgrund der Parameter (Gesamt-Phosphor, Algenbiovolumen und Chlorophyll-a) als oligotrophes (nährstoffarmes) Gewässer bewertet (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023).

Auf europäischer Ebene wurde eine stark vereinfachte Klassifizierung stehender Gewässer entwickelt, um die gegenseitige Anpassung (Interkalibrierung) nationaler Bewertungsmethoden zu ermöglichen. Im Rahmen dieses Interkalibrierungsprozesses (IC) wurde Österreich der Alpine GIG (Geographical Intercalibration Group) zugewiesen. Anhand der Alpine GIG kann der Wörthersee dem IC-Seentyp L-AL3 (siehe Abbildung 6) und mittels der österreichischen Typisierung (AT-Typ) den Kärntner Seen (siehe Abbildung 6) zugewiesen werden. Seen, welche zu diesem Typen zählen, befinden sich im Tiefland bis hin zur mittleren Seehöhe (50 bis 800 m.ü.A.), sind tief (Z_{avg} meist >15 m), weisen eine mäßig hohe bis hohe Alkalität (meist > 1 mmol L^{-1}), hat eine Seefläche von über 50 ha und ein alpines Einzugsgebiet. Der Mischungstyp des Wörthersees ist meromiktisch[6] und die "Epilimnische[7] Verweilzeit" ist sehr kurz (<<1 Monat) (vgl. Wolfram et al. 2015, 9ff.).

[6] Seen mit einer nicht bis zum Seeboden reichenden Zirkulation (Wolfram et al. 2015, 15).

[7] Oberste Wasser-Schichte in geschichteten Seen, die sich temperaturmäßig von den darunter liegenden Schichten deutlich abhebt. Die Epilimniontiefe wird definiert als die erwärmte obere durchmischte Wassersäule mit homogener Temperaturverteilung während der Sommerstagnation. Sie wird nach unten durch das Metalimnion (thermische Sprungschicht, Thermokline) begrenzt, dem Horizont mit der größten (durch Temperaturunterschiede bedingten) vertikalen Dichteänderung (Wolfram et al. 2015, 14).

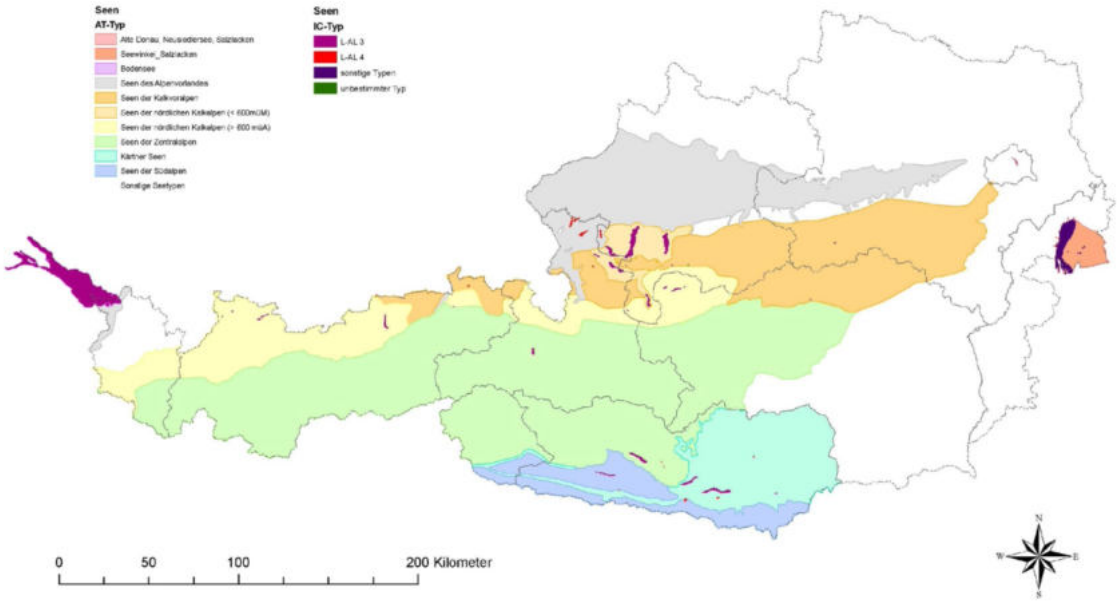

Abbildung 6: Österreichische (AT)- und Interkalibrierung (IC) Seentypen (Wolfram et al. 2015, 13).

2.5 Neobiota

Unter dem Begriff Neobiota versteht man die Gesamtheit der Tiere und Pflanzen, welche nach 1492 in ein neues Gebiet eingewandert sind oder eingebürgert wurden. Als „Neophyten“ werden Pflanzenarten, als „Neomyzeten“ werden Pilzarten und als „Neozoen“ werden Tierarten verstanden, die in bestimmten Regionen nicht einheimisch sind und die erst nach 1492 unter direkter oder indirekter Mithilfe des Menschen in ein neues Gebiet (z.B. Österreich) gelangt sind und dort wild leben oder gelebt haben (vgl. Schröder 1969, 1974, 2000; Kinzelbach 1972; Kreisler & Scholler 1994; Sukopp & Sukopp 1994; Geiter 1999; Kowarik 1999; Scholler 1999, zitiert nach Essl& Rabitsch 2002, 20). Als neues Gebiet oder Region kann hier definitionsgemäß sowohl eine geographisch-biologische Region oder rein eine geografische Einheit (z.B. Europa, Kärnten) verstanden werden.

2.5.1 Verbreitung von Neozoen

Verursacher der Ausbreitung von Neobiota werden als Vektoren also Überträger bezeichnet. Dabei werden in der Literatur unterschiedliche Gründe für eine Einschleppung zum Teil invasiver Arten beschrieben. Essl & Rabitsch (2002) beschreiben, dass das

zunehmende Verkehrsaufkommen zu Luft, Wasser und Land die passive Verschleppung wirbelloser Tiere erhöht. Dadurch können beispielsweise Schnecken oder aber auch flugunfähige Insekten sowie aquatische Lebewesen transkontinental (über weite Distanzen) verfrachtet werden (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 27). Vor allem durch Schiffe werden Phyto- und Zooplankton sowie Krebstiere, Weichtiere und Fische transportiert. Dies geschieht vor allem durch das Ballastwasser (leere Frachträume werden mit Wasser gefüllt, um das Schiff zu stabilisieren) (Stewart 1991) (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 27). Bij de Vaate et al. (2002) geben an, dass durch den Menschen gemachte Kanäle und absichtliche Einschleppung die Ausbreitung aquatischer pontokaspischer Makroinvertebraten in Europa erleichtert hat. Zudem geben die Autor*innen an, dass es gibt, drei Binnenwanderungskorridore (siehe Abbildung 7) gibt. Der Nördliche Korridor erstreckt sich von der Wolga über den Beloje-See hin zum Onega-See, weiter zum Ladoga-See entlang der Newa bis zur Ostsee. Der Zentrale Korridor führt vom Dnjepr entlang der Weichsel und der Oder bis zur Elbe und schlussendlich bis hin zum Rhein. Als südlicher Korridor wird die Verbindung vom Rhein zur Donau bezeichnet (vgl. Bij de Vaate et al. 2002).

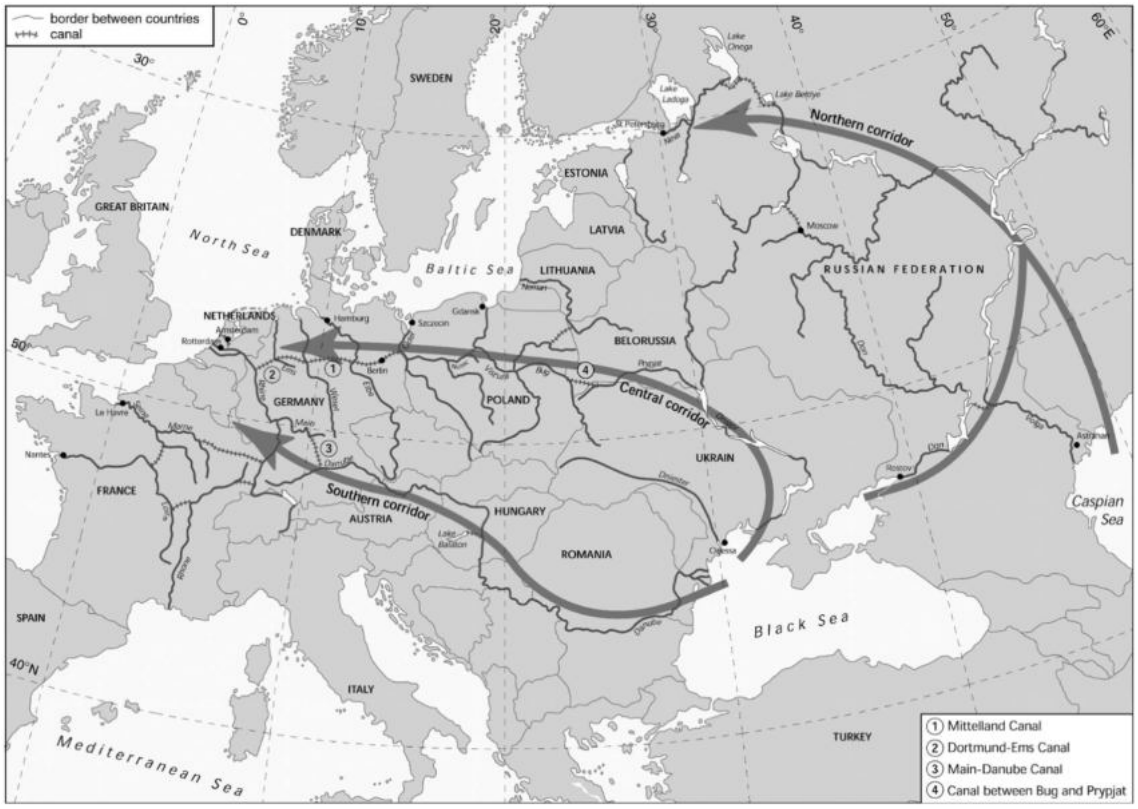

Abbildung 7: Migrationskorridore der pontokaspischer Arten in Europa (Bij de Vaate et al. 2002, 1162).

Diese drei genannten Korridore verbinden wichtige Hafenstädte miteinander und erleichtern so die Verbreitung von Makroinvertebraten, die sich im Ballastwasser befinden oder am Schiffsrumpf haften (vgl. Bij de Vaate et al. 2002). Martens & Grabow (2008) untersuchten im Oktober 2007 den Rumpf eines Segelbootes (war 5 Monate in einem Seitengewässer des nördlichen Oberrheins; danach 6 Tage an Land) auf Bewuchs. Am Schwertansatz, Heck, Motorschacht und am Hilfsmotor fand man lebende *Dikerogammarus villosus* (Großer Höckerflohkrebs) sowie *Echinogammarus trichiatus*. Dadurch das nun festgestellt wurde, dass *Echinogammarus trichiatus* an Land überleben und transportiert werden kann, erhöht das Einschleppen dieser Art von Flüssen in See und vor allem in Binnengewässern deutlich. Boets et al. (2012) geht davon aus, dass Echinogammarus trichiatus durch den Menschen eingeführt wird. Denn eine Studie von Martens & Grabow (2008) hat gezeigt, dass Echinogammarus trichiatus außerhalb des Wassers bis zu sechs Tage zwischen Muschelschichten überleben kann. Das kann darauf hindeuten, dass nicht nur eine Ausbreitung über den Wasserweg möglich ist, sondern es auch ein erhöhtes Risiko gibt, dass sich Echinogammarus trichiatus durch eine unbeabsichtigte Einschleppung in Seen durch den Transport auf dem Landweg verbreiten kann (vgl. Boets et al. 2012, 118f.). Copilas-Ciocianu et al. (2021) beschreiben in deren Artikel einen Überblick über die taxonomische sowie ökomorphologischen Vielfalt gebietsfremder Arten weltweit. Sie stellen fest, dass bis zu 39 Arten in 19 Gattungen und fünf Familien potentiell gebietsfremd sind, wobei deren Vielfalt mit zunehmender Entfernung zu deren Ursprungsregion abnimmt. Eine biogeographische Clusterbildung ergab drei Fauenprovinzen, welche der südlichen, zentralen und nördlichen Invasionskorridore entsprechen. Zudem kommen die Autor*innen zu dem Ergebnis, dass die gebietsfremden Amphipoden eine repräsentative Teilprobe der heimischen Pontokaspischen phylogenetischen und ökomorphologischen Vielfalt sind und zudem das deren biogeographische Muster von anthropogenen Faktoren bestimmt werden, welche auf unterschiedliche regionale Artengruppen einwirken (vgl. Copilas-Ciocianu et al. 2021).

2.5.2 Neozoen in Österreich und Kärnten

Neozoen weisen oft eine sehr hohe Reproduktionsrate auf, sind zudem konkurrenzstark und können sich schnell ausbreiten. Werden einheimische Arten durch Neozoen verdrängt, spricht man von invasiven Neozoen, welche die Systeme in unseren Flüssen und

Seen dramatisch verändern können (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023c). Den diese invasiven Arten üben nicht nur einen Konkurrenzkampf auf einheimische Arten aus, sie weisen zudem Prädation aus, das heißt, dass eine Tierart eine andere auffrisst, dieses Phänomen tritt vor allem bei Flohkrebs-Arten auf. Weiters spielt auch die Übertragung von Parasiten eine bedeutende Rolle, da beispielsweise die Krebspest durch den Signalkrebs verbreitet wird, wodurch der einheimische Edelkrebs stirbt. Daher hat die Verbreitung von aquatischen Neozoen reduziert zu werden (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023c).

Anhand der Tabelle 1 werden die aquatischen wirbellosen und Fisch-Neozoen, die sich aktuell in Kärnten befinden, dargestellt. Die in Österreich bzw. Kärnten bisher aufgetretenen Neozoa stammen aus verschiedenen Gebieten (z.B. Nordamerika, Asien, etc.) aber auch geografisch nähere Räume stellen ein wesentliches „Invasionspotential“ dar. Hier ist auf das sogenannte Pontokaspische Gebiet (Schwarzes Meer, Kaspisches Meer bis Aralsee) zu verweisen, aus dem viele Neozoa stammen, die sich in den letzten Jahrzehnten invasiv in zum Teil weltweit verbreitet haben. In der Tabelle werden die Arten in unterschiedlichen Farben dargestellt. Dabei bedeutet die Farbe Rot hier, dass diese Art akut invasiv ist. Blau markiert eine potentiell invasive Art. Grün, jene die zufolge der Erderwärmung potentiell invasive Arten nach Moog et al. (2013) sind (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023b, 5). Wurde bei dem deutschem Namen eine solche Markierung *) gesetzt, ist das Vorkommen dieser Art wahrscheinlich erloschen (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2023c, 5).

Tabelle 1: Aquatische wirbellose Neozoen und Fisch-Neozoen in Österreich und Kärnten. (Kärntner Institut für Seenforschung 2023c, 5, Moog et al. 2013, 54 ff., Honsig-Erlenburg, W. 2016, 280 ff., eigene Darstellung).

Gruppe	Gattung	Art	Deutscher Name	Herkunft	1. Nachweis in Österreich	1. Nachweis in Kärnten
Nesseltiere	Craspedacusta	sowerbii	Süßwassermeduse	O-Asien	1983	1983
Strudelwürmer	Dugesia	tigrina	Gefleckter Strudelwurm	N-Amerika	1989	1998
Schnecken	Ferrissia	californica	Flache Mützenschnecke	N-Amerika	1940?	Warmbad Villach 1975
Schnecken	Gyraulus	parvus	Amerikanisches Posthörnchen	N-Amerika	2004	Pfaffendorfer Grube 1981
Schnecken	Melanoides	tuberculatus	Nadel-Kronenschnecke	O-Afrika bis SO-Afrika	1958	Warmbad Villach 1958
Schnecken	Physella	acuta	Spitze Blasenschnecke	Mediterran	Vor 1930	Warmbad Villach vor 1930
Schnecken	Physella	heterostropha	Gelippte Blasenschnecke	N-Amerika	1993	1997
Schnecken	Planorbella	duryi	Amerikanische Posthornschnecke	N-Amerika	1980	Warmbad Villach 1980
Schnecken	Pomacea	bridgesi	Amerikanische Apfelschnecke *)	M-S-Amerika	Vor 1950?	Warmbad Villach 1968
Schnecken	Potamopyrgus	antipodarum	Neuseeländische Zwergdeckelschnecke	Neuseeland	Bodensee 1974	Wölfnitz 1996
Schnecken	Pseudosuccinea	columella	Amerikanische Schlammschnecke *)	N-S-Amerika	1980	Warmbad Villach 1990
Muscheln	Dreissena	polymorpha	Zebramuschel	Pontokaspisch	1870	Ossiacher See 1973
Muscheln	Dreissena	rostiformis bugensis	Quaggamuschel	Pontokaspisch	Donau 2010	Ossiacher See 2022
Muscheln	Sinanodonta	woodiana	Chinesische Teichmuschel	O-Asien	2000	Leonharder See 2009
Gliederwürmer	Branchiura	sowerbyi	Kiemenwurm	O-Asien	1992	Warmbad Villach 1986
Gliederwürmer	Branchiodrilus	hortensis	Tropischer Kiemenwurm	Asien, Australien, Afrika	2012	Ossiacher See Bleistattfluchtung 2021
Egel	Brabronia	weberi	Asiatischer Egel	S-Asien	1995	Millstätter See 1995
Egel	Xironogiton	instabilis	Krebsegel	N-Amerika	? 1970	? 1970
Krebse	Cyclops	vicinus		Paläarktis	1954	? 1954
Krebse	Daphnia	galeata	Haubenwasserfloh	Nördl. Hemisphäre	1956	? 1956
Krebse	Crangonyx	pseudogracilis	Aufrechter Flohkrebs	N-Amerika	Bodensee 2007	Klopeiner See 2019
Krebse	Dikerogammarus	haemobaphes	Dämonenflohkrebs	Pontokaspisch	Donau 1960er	Ossiacher See 2022
Krebse	Echinogammarus	ischnus	Granataugenflohkrebs, Stachelflohkrebs	Pontokaspisch	Donau 1993	Wörther See 2019
Krebse	Echinogammarus	trichiatus		Pontokaspisch	Donau 1996	Wörther See 2019
Krebse	Synurella	ambulans	Schreitender Flohkrebs	O-Europa	1985	Keutschacher See 1926
Krebse	Astacus	leptodactylus	Sumpfkrebs, Galizierkrebs	O-Europa	In Ostösterreich autochton	Um 1900
Krebse	Pacifastacus	leniusculus	Signalkrebs	N-Amerika	1970	1980
Krebse	Orconectes	limosus	Kamberkrebs	N-Amerika	1969	1980
Krebse	Procambarus	clarkii	Roter Amerikanischer Sumpfkrebs	N-Amerika	2005	Warmbad Villach 2005
Mücken	Aedes	albopictus	Asiatische Tigermücke	S-O-Asien	2012	2017
Mücken	Aedes	japonicus	Asiatische Buschmücke	Asien	2011	2012
Mücken	Aedes	koreicus	Koreanische Buschmücke	O-Asien	2017	2017
Fische	Anguilla	anguilla	Aal *)	Europa, Österreich, Atlantikeinzugsgebiet		1887
Fische	Ctenopharyngodon	idella	Amurkarpfen	O-Asien	Österreich: 1965	1968
Fische	Gymnocephalus	cernua	Kaulbarsch	Europa, Österreich, urspr. nicht in K		1989
Fische	Hypophthalmichthys	molitrix	Silberkarpfen	O-Asien	Österreich: 1965	zusammen mit Graskarpfen
Fische	Lepomis	gibbosus	Sonnenbarsch	N-Amerika	Europa: 1881	1980er
Fische	Micropterus	salmoides	Forellenbarsch	N-Amerika	Europa: Ende 19. Jh.	1911
Fische	Salvelinus	alpinus	Seesaibling	Europa, Österreich, urspr. nicht in K		Mittelalter
Fische	Sander	lucioperca	Zander	Europa, Österreich, urspr. nicht in K		1897
Fische	Pseudorasbora	parva	Blaubandbärbling	O-Asien	Österreich: 1982	keine Angaben
Fische	Gasterosteus	aculeatus	Dreistacheliger Stichlinhg	Europa, Österreich, Atlantikeinzugsgebiet		1998
Fische	Carassius	gibelio	Giebel, Zuchtform: Goldfisch	Österreich, urspr. nicht in Kärnten	Europa: vermutl. 17. Jh.	1990er
Fische	Leucaspius	delineatus	Moderlieschen	Europa, Österreich, urspr. nicht in K		1980er
Fische	Aspius	aspius	Rapfen	N-Österreich		2000er
Fische	Oncorhynchus	mykiss	Regenbogenforelle	N-Amerika	1884	1891
Fische	Salvelinus	fontinalis	Bachsaibling	N-Amerika	1880er	1894
Fische	Salvelinus	namaycush	Amerikanischer Seesaibling	N-Amerika	keine Angaben	keine Angaben
Fische	Hemichromis	sp.	Juwelenbuntbarsch	Afrika		Warmbach o.J.
Fische	Amatitlania	nigrofasciata	Zebrabuntbarsch	Mittel-Amerika		Warmbach o.J.
Fische	Ancistrus	sp.	Harnischwels	Mittel-und S-Amerika		Warmbach o.J.

Moog et al. (2013) beschreibt als eine akut invasive Art, jene Art deren Individuen so häufig auftritt, dass eine Verdrängung der einheimischen Art belegt ist. Als akut invasive Art kann aber auch jene Art eingestuft werden, welche Strukturen, Biotope, Eigenschaften von Standorten, aber auch ökosystemare Prozesse langfristig verändert (Moog et al. 2013, 66).

Als potentiell invasive Arten werden von Moog et al. (2013) die Arten bezeichnet, bei welchen mittel- bis langfristig eine invasive Wirkung zu erwarten ist. Weiters wird eine Art als potentiell invasiv bezeichnet, wenn deren Schwesternarten bereits in Nachbarländern als invasiv gelten. Aber auch Arten die invasiv sind, aber zurzeit noch bekämpft werden können, werden als potentiell invasiv betitelt (Moog et al. 2013, 67). Zufolge des Klimawandels potentiell invasive Arten sind jene Arten die kälteempfindlich (z.B. Organismen, welche in Thermalgewässern vorkommen) sind, aber in südlichen Ländern bereits eine starke Ausbreitung aufweisen. Das heißt, dass die Wahrscheinlichkeit besteht, dass diese Arten bei einer weiter ansteigenden Klimaerwärmung sich auch im Freiland ausbreiten können (Moog et al. 2013, 68).

2.5.3 Auswirkung aquatischer Neozoen

Die aquatischen Ökosysteme wurden vor allem in den letzten 150 Jahren durch bauliche Veränderungen, aber auch durch Verschmutzungen belastet und verändert (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 233). Dadurch verschwanden viele einheimische Arten in diesen Ökosystemen, wodurch sich Neozoen in diesen Ökosystemen einnisten konnten und dadurch das sogenannte Faunendefizit aufzufüllen. Diese aquatischen Neozoen können drastische Auswirkungen im Ökosystem erzielen. Schäden, welche durch biologische Invasionen von aquatischen Neozoen hervorkommen können, sind beispielsweise, dass einige Arten der Krebstiere Löcher bis hin zu meterlange Gangsysteme graben und dadurch Dämme instabil machen können. Aber auch können solche Neozoen das Biofouling[8] an Holzgegenständen verursachen (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 233ff.).

[8] Biofouling is a natural process resulting from biofilm formation on surfaces that are immersed in water (or other liquid) and is of major concern for many industries (Patel et al. 2021, 276).

3 Methoden

3.1 Untersuchungsgebiete

Diese Studie wurde in 8 verschiedenen Fließgewässern im Juni sowie Oktober 2023 durchgeführt, dabei handelt es sich um 7 Zuflüsse des Wörthersees und dem einen Abfluss des Wörthersees. Zu den Zuflüssen zählen die Gewässer Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pörtschacher Mühlbach, Pirkerbach sowie der Reifnitzbach. Der Abfluss des Wörthersees ist die Sattnitz.

3.1.1 Rajacherbach

Der Rajacherbach liegt in der Gemeinde Velden am Wörthersee. In diesem Untersuchungsgebiet wurde eine Probe bei einer Geländehöhe von 443,19 m.ü.A. an der Stelle 1 mit den Koordinaten 504450; 163718 (BMN M31, EPSG: 31258) entnommen (siehe Abbildung 8 und 9) (vgl. KAGIS 2023).

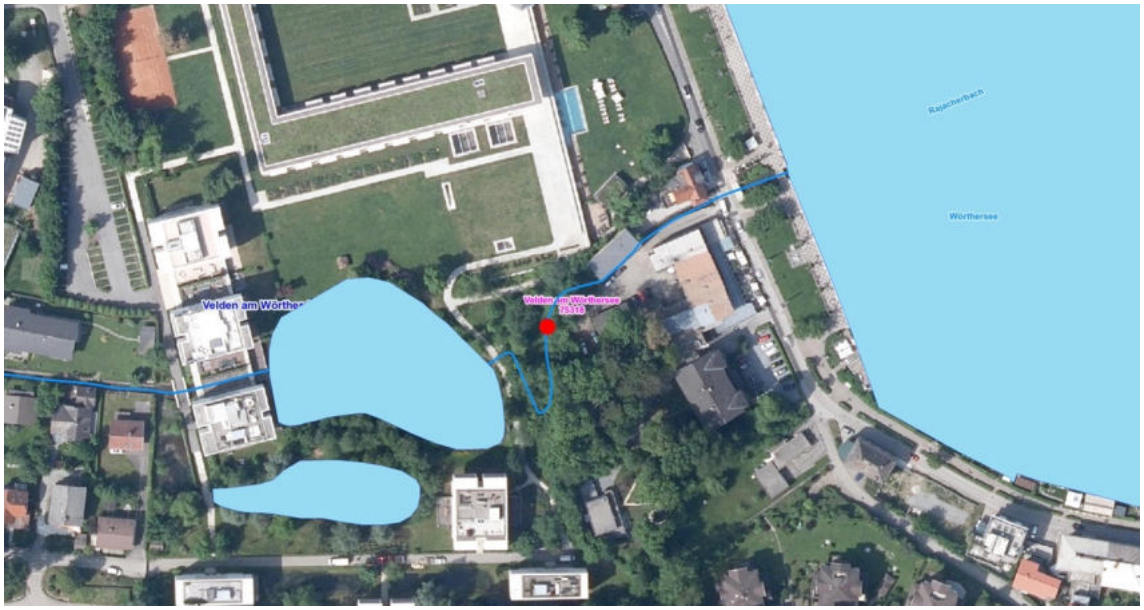

Abbildung 8: Orthofoto der Probenentnahmestelle 1 (roter Punkt) im Rajacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 9: Probenentnahmestelle 1 im Rajacherbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.2 Damtschacherbach

Der Damtschacherbach ist ein Fließgewässer, welches sich auch im Gemeindegebiet von Velden am Wörthersee befindet. In diesem Gewässer wurden zwei Proben an zwei unterschiedlichen Stellen entnommen. Dabei wurden an der Stelle 2 mit den Koordinaten 504206; 164465 und auf einer Seehöhe von 451,23 m.ü.A. (siehe Abbildung 10 und 11) sowie an der Stelle 3 mit den Koordinaten 504333; 164385 auf einer Seehöhe von 450,77 m.ü.A. (siehe Abbildung 12 und 13) die Proben genommen (vgl. KAGIS 2023).

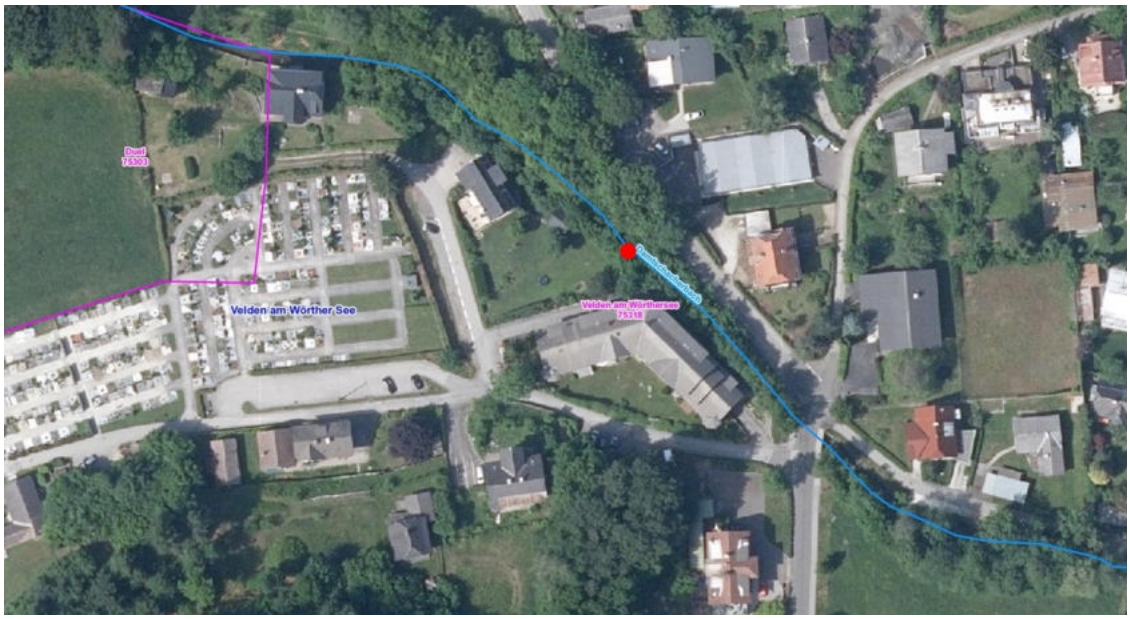

Abbildung 10: Orthofoto der Probenentnahmestelle 2 (roter Punkt) im Damtschacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 11: Probenentnahmestelle 2 im Damtschacherbach (Pucher Lorena 2023).

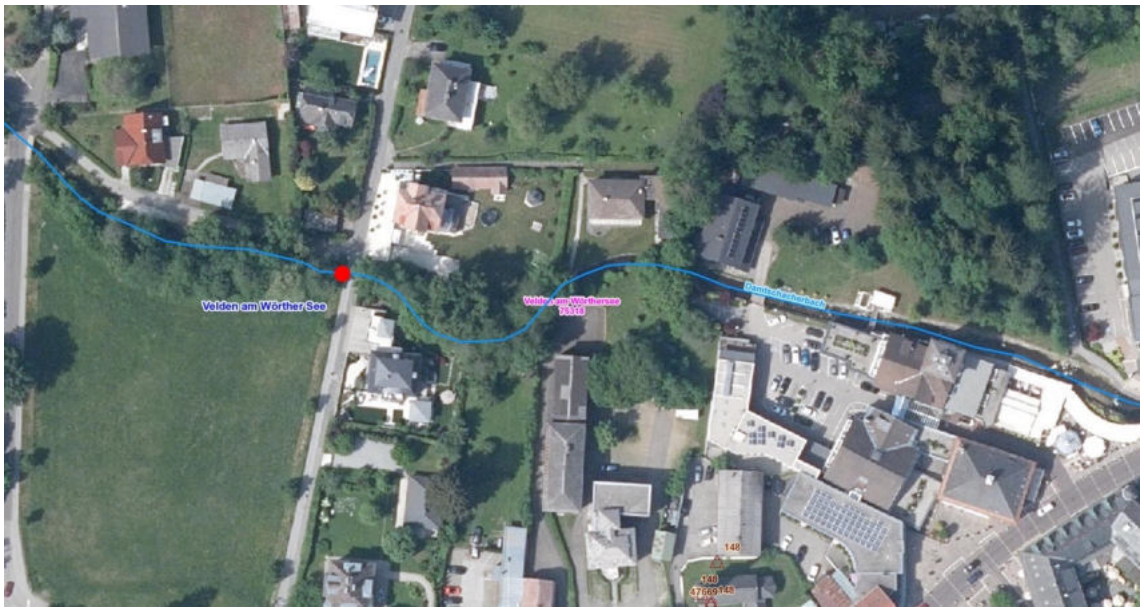

Abbildung 12: Orthofoto der Probenentnahmestelle 3 (roter Punkt) im Damtschacherbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

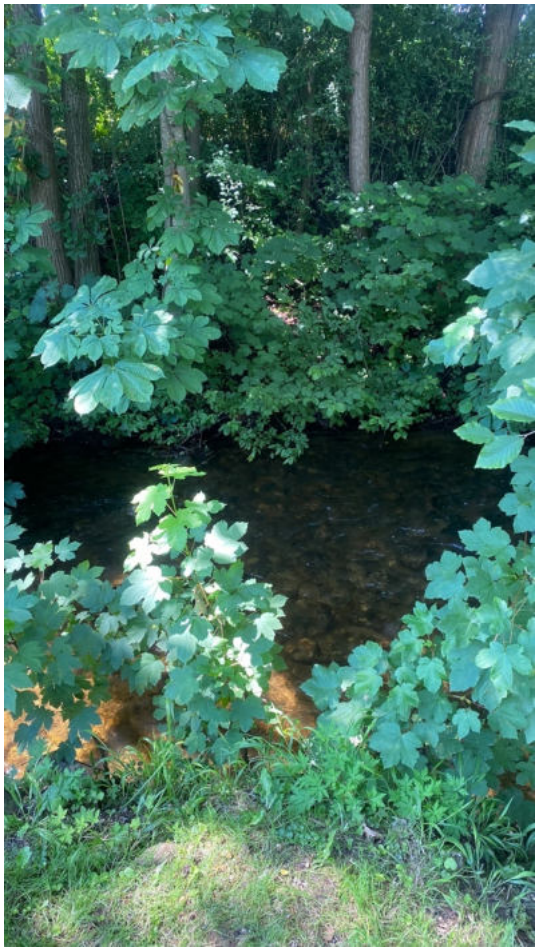

Abbildung 13: Probenentnahmestelle 3 im Damtschacherbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.3 Köstenbergerbach

Der Köstenbergerbach liegt, wie der Rajacherbach und der Damtschacherbach, in der Gemeinde Velden am Wörthersee. Auch in diesem Gewässer wurde jeweils eine Probe an zwei unterschiedlichen Stellen entnommen. Die Koordinaten der Probenentnahmestelle 4 lauten 505643; 164661 (siehe Abbildung 14 und 15). Diese Stelle weist eine Seehöhe von 443,88 m.ü.A. auf. Die Stelle 5 hat die Koordinaten 505370; 164989 und liegt 459,06 m.ü.A. (siehe Abbildung 16 und 17) (vgl. KAGIS 2023).

Abbildung 14: Orthofoto der Probenentnahmestelle 4 (roter Punkt) im Köstenbergerbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

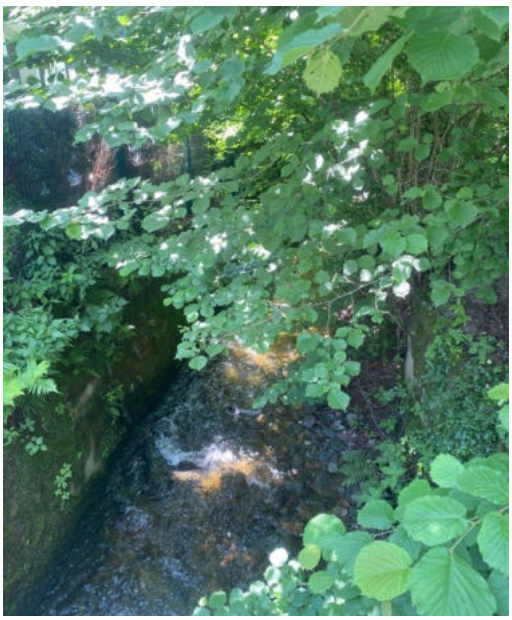

Abbildung 15: Probenentnahmestelle 4 im Köstenbergerbach (Pucher Lorena 2023).

Abbildung 16: Orthofoto der Probenentnahmestelle 5 (roter Punkt) im Köstenbergerbach in Velden am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

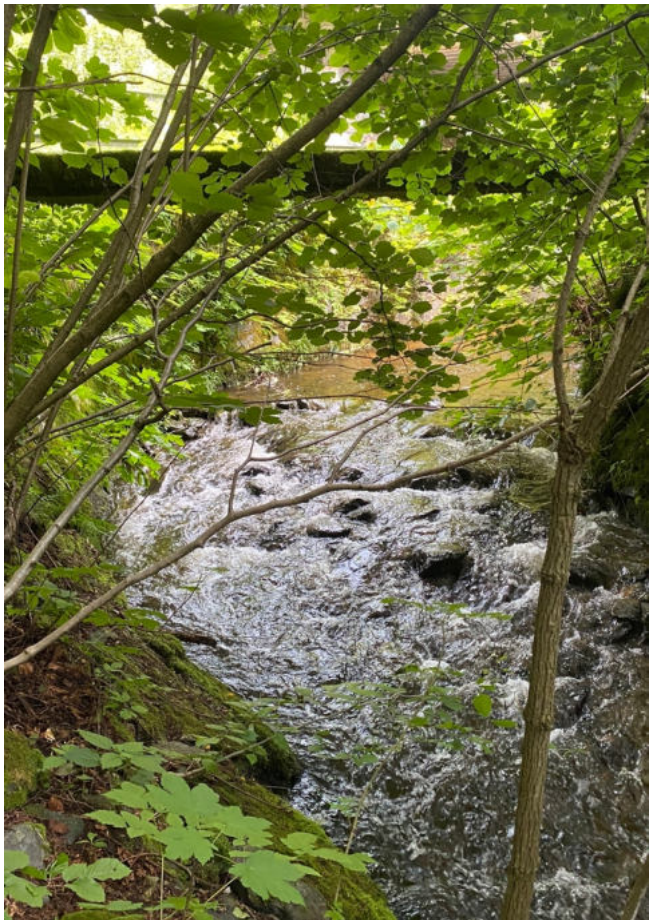

Abbildung 17: Probenentnahmestelle 5 im Köstenbergerbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.4 Pörtschacher Mühlbach

Der Pörtschacher Mühlbach befindet sich im Gemeindegebiet von Pörtschach am Wörthersee. In diesem Gewässer wurden an den Stellen 6 und 7 Proben entnommen. Dabei hat die Stelle 6 die Koordinaten 511813; 166494 und befindet sich auf einer Seehöhe von 442,52 m.ü.A (siehe Abbildung 18 und 19). Die Stelle 7 liegt bei den Koordinaten 511990; 166843 auf einer Seehöhe von 452,72 m.ü.A. (siehe Abbildung 20 und 21) (vgl. KAGIS 2023).

Abbildung 18: Orthofoto der Probenentnahmestelle 6 (roter Punkt) im Pörtschacher Mühlbach in Pörtschach am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 19: Probenentnahmestelle 6 im Pörtschacher Mühlbach (Pucher Lorena 2023).

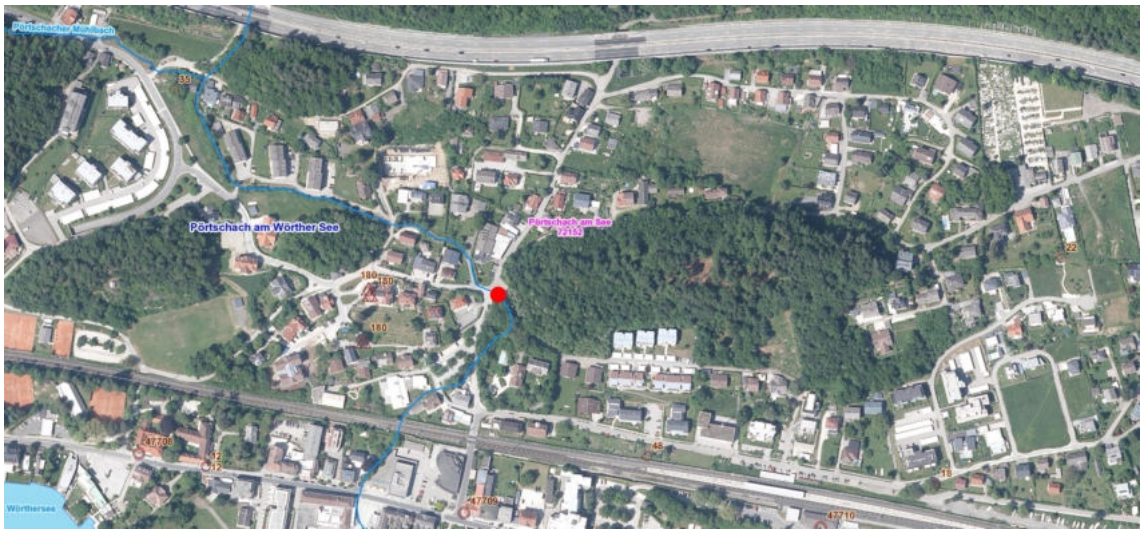

Abbildung 20: Orthofoto der Probenentnahmestelle 7 (roter Punkt) im Pörtschacher Mühlbach in Pörtschach am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 21: Probenentnahmestelle 7 im Pörtschacher Mühlbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.5 Pirkerbach

Ein weiterer Zufluss des Wörthersees, welcher untersucht worden ist, ist der Pirkerbach in Krumpendorf am Wörthersee. Die Stelle 8 hat die Koordinaten 518186; 165411 und liegt auf einer Seehöhe von 440,73 m.ü.A. (siehe Abbildung 22 und 23). Die Stelle 9 weist die Koordinaten 518068; 165430 auf und liegt 441,56 m.ü.A. (siehe Abbildung 24 und 25) (vgl. KAGIS 2023).

Abbildung 22: Orthofoto der Probenentnahmestelle 8 (roter Punkt) im Pirkerbach in Krumpendorf am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 23: Probenentnahmestelle 8 im Pirkerbach (Pucher Lorena 2023).

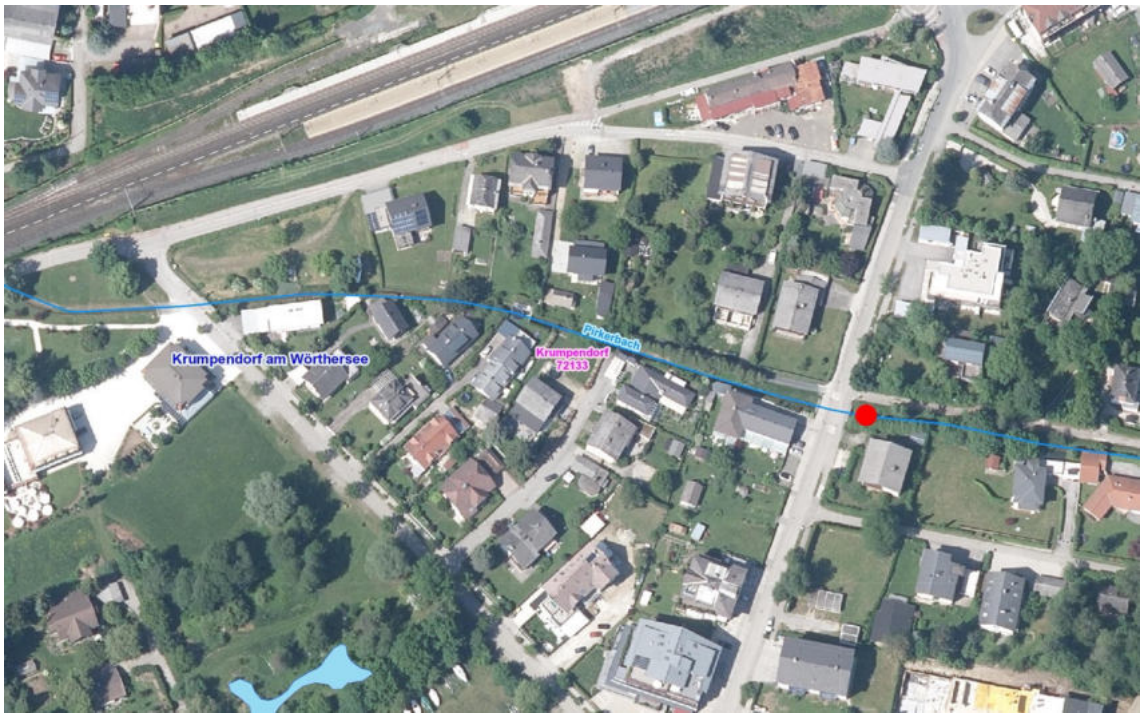

Abbildung 24: Orthofoto der Probenentnahmestelle 9 (roter Punkt) im Pirkerbach in Krumpendorf am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 25: Probenentnahmestelle 9 im Pirkerbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.6 Reifnitzbach

Der Reifnitzbach befindet sich in Reifnitz in der Gemeinde Maria Wörth. Bei diesem Untersuchungsgebiet wurde nur eine Probe an der Stelle 10 entnommen, welche sich auf einer Seehöhe von 441,46 m.ü.A. befindet. Die Koordinaten für diese Stelle sind 515009; 163292 (siehe Abbildung 26 und 27) (vgl. KAGIS 2023).

Abbildung 26: Orthofoto der Probenentnahmestelle 10 (roter Punkt) im Reifnitzbach in Reifnitz (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 27: Probenentnahmestelle 10 im Reifnitzbach (Pucher Lorena 2023).

3.1.7 Sattnitz

Die Sattnitz ist der Abfluss des Wörthersees, auf Grund dessen wurde dieses Gewässer für diese Studie gewählt. Auch hier wurden zwei Probeentnahmestellen ausgewählt. Die Koordinaten der Probenentnahmestelle 11 sind 527059; 162658 und liegt auf 432,60m.ü.A. (siehe Abbildung 28 und 29). Die Probeentnahmestelle 12 hat die Koordinaten 520954; 163638 und befindet sich auf einer Seehöhe von 439,15 m.ü.A. (siehe Abbildung 30 und 31) (vgl. KAGIS 2023).

Abbildung 28: Orthofoto der Probenentnahmestelle 11 (roter Punkt) in der Sattnitz in Klagenfurt am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 29: Probenentnahmestelle 11 in der Sattnitz (Pucher Lorena 2023).

Abbildung 30: Orthofoto der Probeentnahmestelle 12 in der Sattnitz in Klagenfurt am Wörthersee (eigene Darstellung mit KAGIS MAPS).

Abbildung 31: Probenentnahmestelle 12 in der Sattnitz (Pucher Lorena 2023).

3.2 Equipment

Das benötigte Equipment, welches bei dieser Untersuchung gebraucht wird, sind folgende Materialien: Ein Netz mir einem Rahmen zum Einsammeln mit einer Maschenweite von 0,5mm und einem Handgriff von 40 bis 60 cm Länge oder ein einfaches Nudelsieb (siehe Abbildung 32), ein Tablett (siehe Abbildung 32), Aufbewahrungsbehälter für die Proben, Utensilien zum Beschriften der jeweiligen Probenbehälter, eine Pinzette, 70% Ethanol sowie ein Mikroskop (vgl. Stark et al. 2001; vgl. Österreichisches Normungsinstitut 1995, 47).

Abbildung 32: Tablett und Sieb zur Probenentnahme (Pucher Lorena 2023).

Im Falle dieser Arbeit wurde das Equipment von Mag. Dr. Konar vom Kärntner Institut für Seenforschung (KIS) zur Verfügung gestellt. Dabei wird anstatt eines Netzes mit einem Rahmen ein Sieb für diese Arbeit verwendet, da dies die Arbeit erleichtert, im Gegensatz zu einem Netz mit Rahmen. Außerdem wurde noch ein weißes Probennahme-Tablett sowie eine Pinzette zur Verfügung gestellt, mit welcher die Proben im Feld herausnehmen kann. Weiters wurden auch Gläser gefüllt mit 70% Ethanol zur Verfügung gestellt, um dort die Proben aufzubewahren.

3.3 Sicherheit

Wichtige Sicherheitshinweise, welche auch in dieser Studie von Relevanz waren, sind zum einen, dass man unter gefährlichen Voraussetzungen wie Hochwasser oder Schlechtwetter die Probenentnahmen verschieben muss. Zudem ist besonders bei der Gefahr vor Verletzungen zu achten, wie etwa durch Glassplitter, Steine, rutschige Bö-

schungen oder unsicheres Terrain. Zudem ist besonders der Impfschutz der Probenehmerin/ des Probenehmers wichtig. Außerdem muss die Probenentnahme von mindestens zwei Personen durchgeführt werden (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2019, 11).

3.4 Probenentnahme

Die Methode, welche bei der Probenentnahme verwendet wurde, ist die sogenannte "Kick-Sampling" Methode eine qualitative Methode (siehe Abbildung 33). Dabei wird ein Netz auf dem Gewässerboden stromaufwärts der Öffnung gerichtet und anschließend wird bewegbares Sediment mit der Hand oder mit dem Fuß aufgewirbelt, wodurch die Strömung, die im Untergrund befindlichen Organismen in das Sieb schwemmt. Dabei muss man vorsichtig agieren, um die Organismen, welche im Netz landen sollen, nicht zu schädigen. Feste Substrate wie Steine oder Äste müssen abgekratzt werden. Für vor allem Bachflohkrebse soll auch im Uferbereich das Netz stromaufwärts bewegt werden oder aber auch Pflanzen, welche sich am Ufer oder im Wasser sich befinden, aufwirbeln, um mögliche Organismen im Netz zu fangen. Der Inhalt des Netzes wird im Anschluss auf ein Tablett gegeben, welches man mit ein wenig Wasser befüllt, um Bewegungen vom Makrozoobenthos zu erkennen und so diese leichter einsammeln zu können. Im Fall der hierangeführten Probenentnahme wurden nur Gammaridae aus der Probe entnommen und anschließend in einen Aufbewahrungsbehälter mit einer Beschriftung (Gewässer, Koordinaten, Datum) der jeweiligen Probenentnahmestelle versehen (vgl. ÖNORM M6232, 47). Um die Probe zu fixieren, wird in diese Aufbewahrungsbehälter 70%iges Ethanol gegeben, dabei muss die Probe vollständig mit diesem Fixiermittel bedeckt werden. Eine solche Fixierung ist auch wichtig, um räuberische Organismen, wie es auch einige Flohkrebse sind, daran zu hindern, andere Tiere zu vernichten (vgl. Ofenböck et al. 2019, 34).

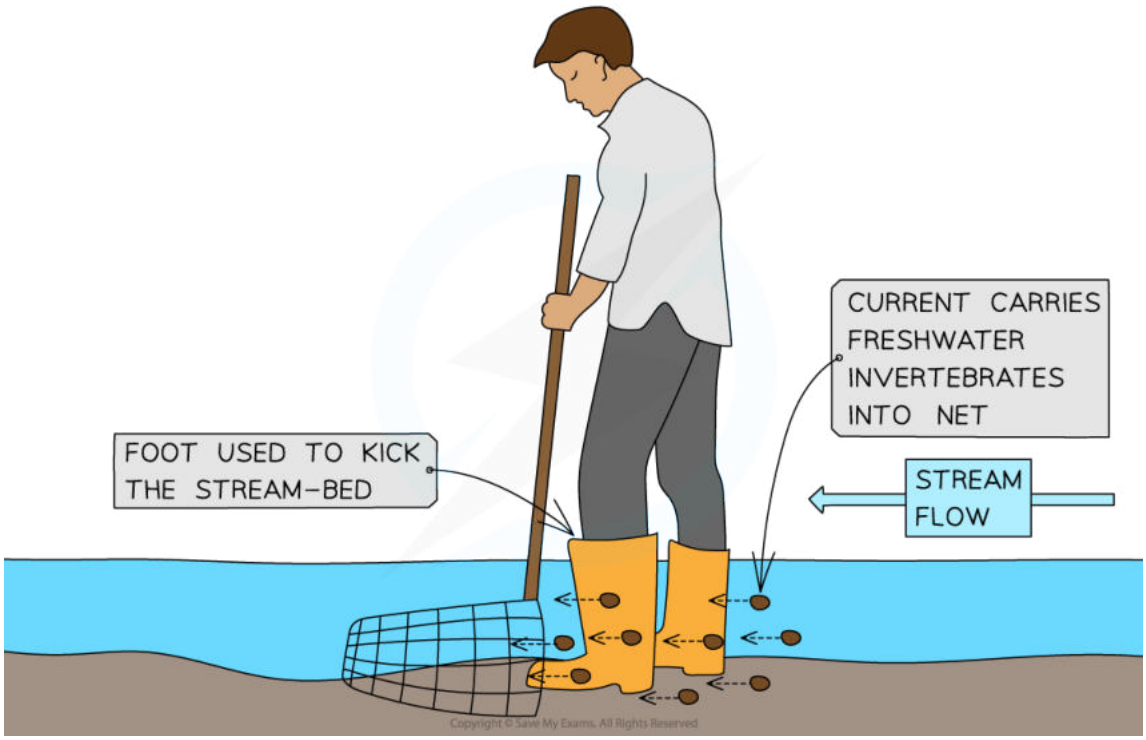

Abbildung 33: Kick-Sampling in einem Bachbett (SaveMyExams 2023).

3.5 Identifikation Gammaridae

Die Identifizierung der gefundenen Proben wurden am 17. Oktober 2023 im Kärntner Institut für Seenforschung vollzogen. Dabei wurde der Bestimmungsschlüssel von Eggers & Martens (2001) herangezogen, wobei diese drei Amphipoda von besonderer Bedeutung bei der Identifikation sind.

Echinogammarus trichiatus ist eine pontokaspische und salztolerant Art. Mit einer Körpergröße von bis zu 15,5mm findet man diese Art vor allem an Ufersteine bzw. Sohlsteinen bei geringer Strömung (vgl. Eggers & Martens 2001, 40). In Abbildung 34 wird das Uropod eines *Echinogammarus trichiatus* dargestellt. Unter dem Begriff Uropod versteht man die Gliedmaßen des Urosom (hinterer Körperabschnitt der Amphipoda), welche dem Schwimmen und Hüpfen dienen (vgl. Eggers & Martens 2001, 67). Anhand der Abbildung 34 sieht man vor allem wie behaart *Echinogammarus trichiatus* ist, leitet sich doch dessen Namen vom griechischem Wort τριχωτός [trichós] ab, was behaart bedeutet (vgl. Eggers & Martens 2001, 57).

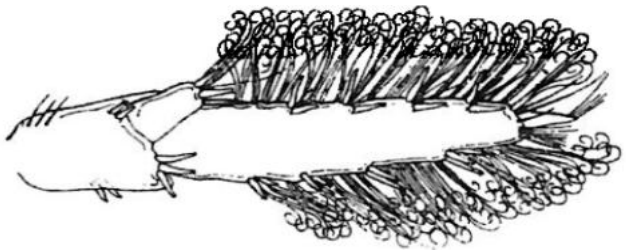

Abbildung 34: Uropod *Echinogammarus trichiatus* (Eggers & Martens 2001, 36).

Gammarus fossarum (Koch 1835) (siehe Abbildung 35) wird auch als Bach-Flohkrebs bezeichnet und befindet sich vor allem in Bächen des Mittelgebirgsraumes bis zu einer Seehöhe von über 400m (vgl. Eggers & Martens 2001, 33). Der Lebensraum von *Gammarus fossarum* sind Gräben mit fließendem Wasser. *Fossarum* leitet sich vom lateinischen Wort *fossa* ab, was so viel wie graben bedeutet (vgl. Eggers & Martens 2001, 56).

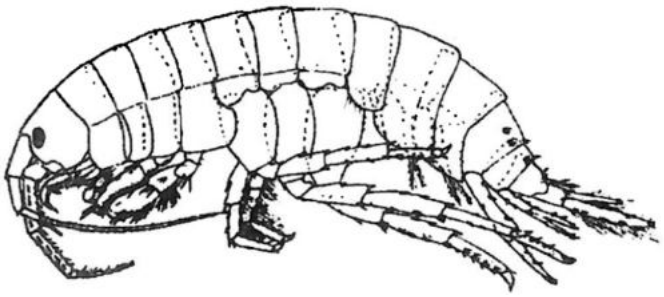

Abbildung 35: *Gammarus fossarum* (Eggers & Martens 2001, 34).

Gammarus roeselii (Fluss-Flohkrebs) (siehe Abbildung 36) ist im stehenden sowie fließendem Gewässer verbreitet. Diese Art ist vor allem aufgrund der markanten Dorsaldornen des Pleosoms eindeutig zu erkennen und weist eine Körpergröße von bis zu 22mm auf (vgl. Eggers & Martens 2001, 35).

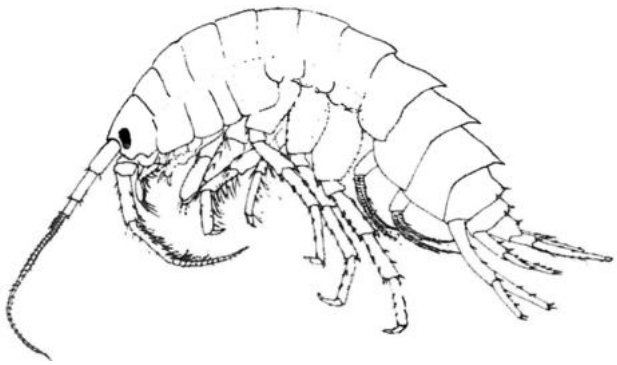

Abbildung 36: *Gammarus roeselii* (Eggers & Martens 2001, 36).

3.6 Kartenerstellung

Durch die Datensammlung und den Daten des Kärntner Instituts für Seenforschung (KIS) wird mit Hilfe des Programms QGIS eine Karte erstellt. Dabei wird als Grundkarte das Orthofoto von 2016 bis 2018 von KAGIS verwendet (vgl. KAGIS 2022). Die gesammelten Daten sowie die Daten des KIS werden in eine gemeinsame csv-Datei zusammengefügt, um die Daten im Programm QGIS verwenden zu können (siehe Tabelle 2). Anschließend werden die Daten anhand der Identifizierten Gammaridae kategorisiert, um die jeweilig gefundenen Gammaridae farblich in der Karte zu symbolisieren. Zudem konnte mittels der Erstellung eines neuen Shapedatei-Layers die Uferlinie des Wörthersees nachgezogen werden, um den dort vorherrschenden Gammaridae darzustellen. Abschließend wird das Drucklayout erstellt und die fertige Karte kann gespeichert werden.

Tabelle 2: Daten der eigenen Forschung und Daten der Erhebung von Echinogammarus trichiatus im Wörthersee 2019 (eigene Daten, Wolfram et al. 2020, 51ff.; eigene Darstellung).

Nummer	Gewässer	Gemeinde	Datum	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe
1	Rajacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504450	163718	443,19 m.ü.A.
2	Damtschacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504206	164465	451,23 m.ü.A.
3	Damtschacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504333	164385	450,77 m.ü.A.
4	Köstenbergerbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	505643	164661	443,88 m.ü.A.
5	Köstenbergerbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	505370	164989	459,06 m.ü.A.
6	Pörtschacher Mühlbach	Pörtschach am Wörthersee	16.06.2023	511813	166494	442,52 m.ü.A.
7	Pörtschacher Mühlbach	Pörtschach am Wörthersee	16.06.2023	511990	166843	452,72 m.ü.A.
8	Pirkerbach	Krumpendorf am Wörthersee	16.06.2023	518186	165411	440,73 m.ü.A.
9	Pirkerbach	Krumpendorf am Wörthersee	12.06.2023	518068	165430	441,56 m.ü.A.
10	Reifnitzbach	Reifnitz am Wörthersee	17.10.2023	515009	163292	441,46 m.ü.A.
11	Sattnitz	Klagenfurt am Wörthersee	17.10.2023	527059	162658	432,60 m.ü.A.
12	Sattnitz	Klagenfurt am Wörthersee	17.10.2023	520954	163638	439,15 m.ü.A.
-	Wörthersee	Klagenfurt am Wörthersee	22.05.2019	516459	164766	440 m.ü.A.
-	Wörthersee	Pörtschach am Wörthersee	22.05.2019	511740	165730	440 m.ü.A.
-	Wörthersee	Techelsberg	22.05.2019	508974	165571	440 m.ü.A.
-	Wörthersee	Techelsberg	22.05.2019	507239	165047	440 m.ü.A.

4 Resultate

In dieser Studie sollte untersucht werden, ob und in welche Zuflüsse des Wörthersees *Echinogammarus trichiatus* beziehungsweise ob *Echinogammarus trichiatus* (siehe Abbildung 37) sich in den Abfluss des Wörthersees ausgebreitet hat. Mithilfe der bereits erwähnten Kick-Sampling-Methode und der Identifikation der Gammaridae konnte man die Amphipoden, welche sich in den Zuflüssen und in dem Abfluss des Wörthersees befinden, herausfinden.

Abbildung 37: *Echinogammarus trichiatus* (Lorena Pucher 2023).

Tabelle 3 veranschaulicht die Ergebnisse der Studie, indem die identifizierten Gammaridae je nach Gewässer und Koordinatenpunkt aufgeführt werden, sowie die Anwesenheit von *Echinogammarus trichiatus*. Daher sind die Ergebnisse folgende: *Echinogammarus trichiatus* wurde weder in den Zuflüssen Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pörtschacher Mühlbach dass in den Gewässern Rajacherbach und Damtschacherbach, Pirkerbach und Reifnitzbach noch im Zufluss Sattnitz gefunden. Einzig die heimischen Gammaridae *Gammarus roeselii* (siehe Abbildung 38) und *Gammarus fossarum* (siehe Abbildung 39) wurden gefunden.

Abbildung 38: *Gammarus roeselii* (Lorena Pucher 2023).

Abbildung 39*: Gammarus fossarum* (Lorena Pucher 2023).

Die genaue Verbreitung der heimischen Gammaridae zeigt, dass *Gammarus fossarum* im Köstenbergerbach, im Pörtschacher Mühlbach sowie im Reifnitzbach vorkommt. In den Gewässern Pirkerbach und Sattnitz wurde *Gammarus roeselii* gefunden. Wobei angemerkt werden muss, dass in der Sattnitz (an der Probenentnahmestelle mit der Nummer 12 (siehe Tabelle 3) keine Gammaridae gefunden worden sind. In den Bächen Rajacherbach sowie Damtschacherbach wurden beiden Gammaridae *Gammarus roeselli* sowie *Gammarus fossarum* nachgewiesen. Daraus resultiert, dass sich *Echinogammarus trichiatus* weder in die Zuflüsse des Wörthersees noch in den Abfluss des Wörthersees ausgebreitet hat, da dessen Präsenz nicht nachgewiesen werden konnte.

Tabelle 3: Ergebnisse der Studie (eigene Darstellung).

Nummer	Gewässer	Gemeinde	Datum	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe	Identifizierte Gammaridae	Präsenz von *Echinogammarus trichiatus*
1	Rajacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504450	163718	443,19 m.ü.A.	Gammarus roeselli, Gammarus fossarum	Nein
2	Damtschacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504206	164465	451,23 m.ü.A.	Gammarus roeselli, Gammarus fossarum	Nein
3	Damtschacherbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	504333	164385	450,77 m.ü.A.	Gammarus roeselli, Gammarus fossarum	Nein
4	Köstenbergerbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	505643	164661	443,88 m.ü.A.	Gammarus fossarum	Nein
5	Köstenbergerbach	Velden am Wörthersee	16.06.2023	505370	164989	459,06 m.ü.A.	Gammarus fossarum	Nein
6	Pörtschacher Mühlbach	Pörtschach am Wörthersee	16.06.2023	511813	166494	442,52 m.ü.A.	Gammarus fossarum	Nein
7	Pörtschacher Mühlbach	Pörtschach am Wörthersee	16.06.2023	511990	166843	452,72 m.ü.A.	Gammarus fossarum	Nein
8	Pirkerbach	Krumpendorf am Wörthersee	16.06.2023	518186	165411	440,73 m.ü.A.	Gammarus roeselli	Nein
9	Pirkerbach	Krumpendorf am Wörthersee	12.06.2023	518068	165430	441,56 m.ü.A.	Gammarus roeselli	Nein
10	Reifnitzbach	Reifnitz am Wörthersee	17.10.2023	515009	163292	441,46 m.ü.A.	Gammarus fossarum	Nein
11	Sattnitz	Klagenfurt am Wörthersee	17.10.2023	527059	162658	432,60 m.ü.A.	Gammarus roeselli	Nein
12	Sattnitz	Klagenfurt am Wörthersee	17.10.2023	520954	163638	439,15 m.ü.A.	Kein Gammaridae gefunden	Nein

In Tabelle 4 können die Fundpunkte von *Echinogammarus trichiatus* durch Wolfram et al. (2020) aus dem Jahr 2019 entnommen werden.

Tabelle 4: Ergebnisse *Echinogammarus trichiatus* im Wörthersee (Wolfram et al. 2020, 51ff.).

Nummer	Gewässer	Gemeinde	Datum	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe	Identifizierte Gammaridae	Präsenz von *Echinogammarus trichiatus*
-	Wörthersee	Klagenfurt am Wörthersee	22.05.2019	516459	164766	440 m.ü.A.	*Echinogammarus trichiatus*	Ja
-	Wörthersee	Pörtschach am Wörthersee	22.05.2019	511740	165730	440 m.ü.A.	*Echinogammarus trichiatus*	Ja
-	Wörthersee	Techelsberg	22.05.2019	508974	165571	440 m.ü.A.	*Echinogammarus trichiatus*	Ja
-	Wörthersee	Techelsberg	22.05.2019	507239	165047	440 m.ü.A.	*Echinogammarus trichiatus*	Ja

Die Karte (siehe Abbildung 40) veranschaulicht das Vorkommen des *Echinogammarus trichiatus* im Wörthersee entlang der Uferlinie sowie an den gekennzeichneten Punkten sowie das Vorkommen *Gammarus roeselii* und *Gammarus fossarum* in den Zuflüssen und im Abfluss des Wörthersees.

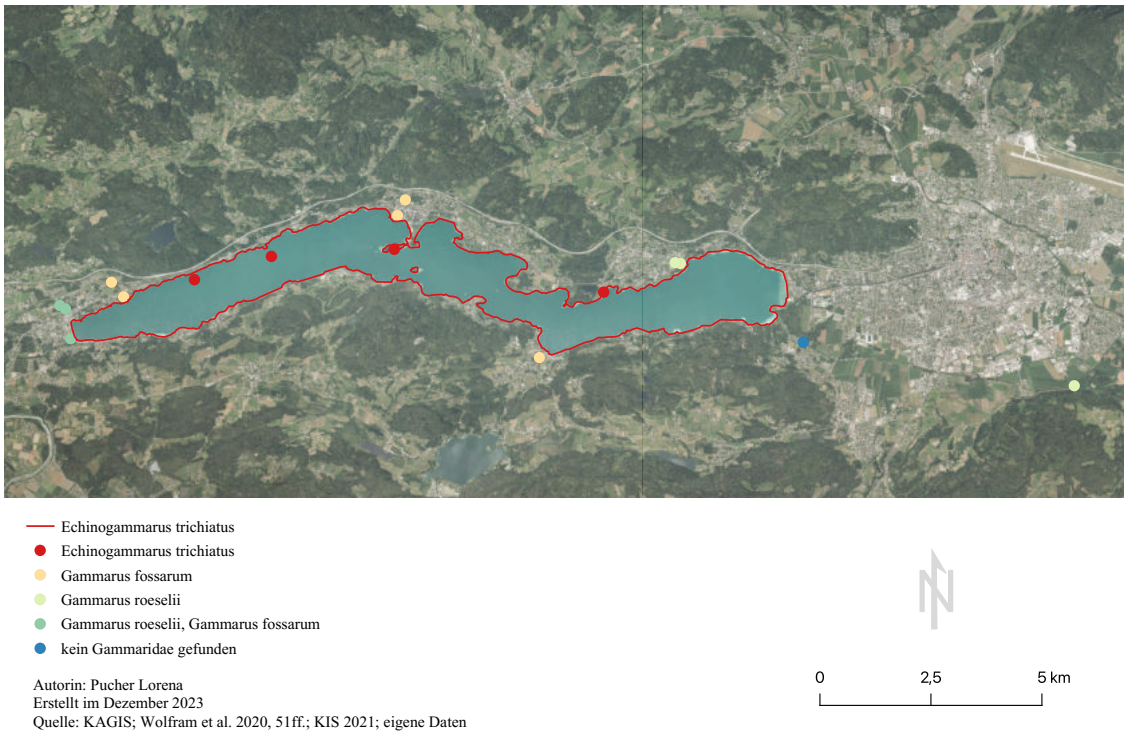

Abbildung 40: Karte des Wörthersees inklusive der Zuflüsse und des Abflusses mit den darin vorkommenden Gammaridae (KAGIS, Wolfram et al. 2020, 51ff., KIS 2021, eigene Daten; eigene Darstellung).

5 Diskussion

Die Studie konzentriert sich auf *Echinogammarus trichiatus*, ein Amphipoda, welcher aus der Ponto-kaspischen Region stammt (vgl. Copilas-Ciocianu et al. 2022). Aufgrund des zunehmende Verkehrsaufkommen zu Luft, Wasser und Land die passive Verschleppung wirbelloser Tiere erhöht. Dadurch können beispielsweise Schnecken oder aber auch flugunfähige Insekten sowie aquatische Lebewesen transkontinental (über weite Distanzen) verfrachtet werden (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 27). Vor allem durch Schiffe werden Phyto- und Zooplankton sowie Krebstiere, Weichtiere und Fische transportiert. Dies geschieht vor allem durch das Ballastwasser (leere Frachträume werden mit Wasser gefüllt, um das Schiff zu stabilisieren) (Stewart 1991) (vgl. Essl & Rabitsch 2002, 27). Bereits durchgeführte Studien wie jene von Boets et al. (2019) zeigt, dass *Echinogammarus trichatus* 2009 in Belgien gefunden wurde. Borza (2009) beschreibt, dass diese invasive Art 2007 in der Slowakei auftauchte und in Ungarn 2009. Semenchenko et al. (2021) untersuchten in deren Forschung die Ausbreitungsraten gebietsfremder Amphipoda- und Mysida-Arten in den Flüssen Dnjepr, Pripjat und Neman in Belarus. Dabei wurde auch der *Echinogammarus trichatus* in geringen Mengen im Dnjepr mit 1,3 km/Jahr nachgewiesen. Die unterschiedlichen Ausbreitungsraten der diversen Arten hängt sowohl mit dem Zeitpunkt der Erfassung als auch mit der Intensität der Schifffahrt zusammen. Nicht nur in Belgien, der Slowakei, Ungarn und Belarus wurde dieser *Gammaridae* nachgewiesen. Denn zum ersten Mal in Österreich und Deutschland wurde dieser *Gammaridae*, laut Weinzierl et al. (1997) 1996 nachgewiesen. Im Rhein wurde *Echinogammarus trichatus* erstmals im Jahr 2000 im Bereich Kirschgartshausen angetroffen. 2001 wurde ein weiterer *Echinogammarus trichatus* bei Duisburg gefunden (vgl. Podraza et al. 2001). Laut Eggers (2005) wurde 2005 eine Anzahl von *Echinogammarus trichatus* bei einer Benthosprobe im Stichkanal Salzgitter bei Braunschweig gesammelt. Dieser pontokaspische Neozoon hat in den letzten Jahren das Einzugsgebiet des Rheins erlangt. In dieser Studie von Eggers (2005) wird vermutet, dass sich die Art nun vom Rhein nach Osten entlang der nordwestlichen schiffbaren Kanäle in Deutschland ausbreiten wird. Dies wurde durch Zettler (2015) bestätigt, da dieser Autor berichtet, dass 2014 *Echinogammarus trichatus* im Ostseegebiet festgestellt wurde. Im Jahr 2019 wurde *Echinogammarus trichatus* von Wolfram et al. (2020)

im Wörthersee entdeckt. Von Moog et al. (2013) wird diese Art als möglich invasiv beschrieben.

Die Ergebnisse der Studie, welche in der Arbeit durchgeführt worden ist, zeigen, dass sich *Echinogammarus trichiatus* nicht, wie angenommen, in den Abfluss und in die Zuflüsse des Wörthersees ausgebreitet hat. Zudem konnten in den Proben des Abflusses und der Zuflüsse nur die heimischen Gammaridae *Gammarus roeselii* und *Gammarus fossarum* nachgewiesen werden. In den Gewässern Sattnitz und Pirkerbach wurden die Gammaridae *Gammarus roeselii* entdeckt. Im Köstenbergerbach, Pörtschacher Mühlbach sowie im Reifnitzbach konnte *Gammarus fossarum* nachgewiesen werden. In den Gewässern Rajacherbach sowie Damtschacherbach konnte sowohl *Gammarus roeselii* als auch *Gammarus fossarum* beweisen. Begrenzungen, welche sich während der Probenentnahme ergaben, waren die Wetterbedingungen im Sommer 2023 und die damit einhergehenden Überschwemmungen (vgl. MeinBezirk.at 2023). Eine weitere Limitation der Bachelorarbeit war das ausfindig machen der Probenentnahmestellen, da vor allem in Velden am Wörthersee die Bäche stark verbaut sind beziehungsweise unterirdisch verlaufen aber auch durch Privatgrundstücke verlaufen.

Es ist anzumerken, dass der Wörthersee einem massiven Nutzungsdruck aufgrund der zahlreichen Freizeitaktivitäten am See ausgesetzt ist. Denn durch die steigende Anzahl an Infrastrukturen wie Badestege oder auch Bootsanlegestellen wird für die Puffer- und Filterwirkung wichtige Ufervegetation gestört. Des Weiteren wird durch das Fehlen des Schilfs der Nährstoffeintrag im See erhöht. Zudem werden die Wellen, welche durch Schiffe sowie Boote entstehen, im Flachwasser verstärkt, wodurch die Erosion verstärkt wird (vgl. Kärntner Institut für Seenforschung 2021, 4). Aus diesen Ergebnissen sowie den Limitationen und Begrenzungen während der Durchführung der Studie kann man weitere Hypothesen aufstellen, wie etwa, dass sich *Echinogammarus trichiatus* in die Zuflüsse und in den Abfluss nicht ausbreiten konnte, da dort die heimischen Gammaridae zu stark vertreten sind, was im Wörthersee selbst nicht der Fall ist. Außerdem könnten dafür auch die Temperaturverhältnisse und die chemische Zusammensetzung des Wassers eine Rolle spielen. Der Stoffwechsel von Lebewesen, einschließlich Atmung, Verdauung, Wachstum, Aktivität und Fortpflanzung, wird stark von der Temperatur des umgebenden Wassers oder Lebensraums beeinflusst. Die täglichen Temperaturschwankungen sowie das saisonale Temperaturmuster sowohl entlang des Flussverlaufs als auch innerhalb der verschiedenen Bereiche natürlicher Flussauen sind daher entscheidende Umweltfaktoren und Regulatoren für das aquatische Leben von Pflanzen

und Tieren (vgl. Jungwirth et al. 2003, 31). Aber auch könnte eine weitere Hypothese lauten, dass sich *Echinogammarus trichiatus* aufgrund der großen Wassermengen im Abfluss nicht halten konnte und deshalb verschwunden ist. Denn wie Boets et al. (2012) angibt, befindet sich Echinogammarus trichiatus vor allem unter Felsen, sandigem Substrat aber auch zwischen Schilf zwischen Kieselsteinen und auf Uferböschungen. Der Abfluss in Fließgewässern ist von grundlegender Bedeutung für die dortige Lebensgemeinschaft. Die Strömung und die damit verbundenen Fließkräfte beeinflussen maßgeblich die Lebensbedingungen. Für die Organismen in Fließgewässern besteht das Risiko, durch die Strömung weggespült zu werden. Jedoch bietet die Strömung auch zahlreiche Vorteile, darunter die kontinuierliche Versorgung mit Sauerstoff und Nahrung sowie die dynamische Umgestaltung des Lebensraums innerhalb kurzer Zeitintervalle. Dies ermöglicht eine stetige Erneuerung und Anpassung des Lebensraums für die dort lebenden Arten (vgl. Jungwirth et al. 2003, 43). Dadurch, dass hier neue Hypothesen aufgestellt werden, ergeben sich neue Forschungsrichtungen, welche man in weiteren Arbeiten untersuchen könnte. Dabei könnte beleuchtet werden, ob die Anzahl der einheimischen Gammaridae (*Gammarus roeselii*, *Gammarus fossarum*) die Ausbreitung von *Echinogammarus trichiatus* in die Zuflüsse und den Abfluss sowie im Wörthersee selbst beeinflusst. Hierbei könne man untersuchen, ob die heimischen Gammaridae auch im Wörthersee stark verbreitet sind oder nicht. Weiters könne man untersuchen, ob sich bei geringerer Niederschlagsmenge und die damit verbundene geringere Wassermenge im Abfluss des Wörthersees *Echinogammarus trichiatus* befindet.

6 Fazit

Die vorliegende Studie ging der Frage nach „Ob und in welche ausgewählten Seitenbäche des Wörthersees hat sich *Echinogammarus trichiatus* ausgebreitet?“. Die Ergebnisse zeigen, dass sich *Echinogammarus trichiatus* nicht in den Seitenbächen Rajacherbach, Damtschacherbach, Köstenbergerbach, Pörtschacher Mühlbach, Pirkerbach, Sattnitz und Reifnitzbach ausgebreitet hat. Stattdessen dominieren in diesen Gewässern die heimischen Gammaridae *Gammarus roeselii* und *Gammarus fossarum*. Diese Erkenntnisse tragen dazu bei, das Verständnis über die Verbreitung von *Echinogammarus trichiatus* im Wörthersee zu vertiefen und legt den Fokus auf die bestehende Vorherrschaft der heimischen Gammaridae *Gammarus roeselii* und *Gammarus fossarum* in den genannten Seitenbächen.

Literaturverzeichnis

Bij de Vaate, A., K. Jazdzewski, H. A.M. Ketelaars, S. Gollasch & G. Van der Velde (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. In: Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences. Volume 59: 1159-1174.

Bódis, E., P. Borza, I. Potyó, M. Puky, A. Weiperth & G. Guti (2012): Invasive Mollusc, Crustacean, fish, and reptile species along the hungarian stretch of the river Danube and some connected waters. In: Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 58: 29–45.

Boets, P., K. Lock, D. Tempelman, T. Van Haaren, D. Platvoet & P. L.M. Goethals (2012): First occurence of the Ponto-Caspian amphipod Echinogammarus trichiatus (Martynov, 1932) (Crustacea: Gammaridae) in Belgium. In: BioInvasions Records Volume 1, Issue 2: 115-120.

Borza, P. (2009): First record of the Ponto-Caspian amphipod Echinogammarus trichiatus (Martynov, 1932) (=Chaetogammarus trichiatus) (Crustacea: Amphipoda) for the Middle-Danube (Slovakia and Hungary). In: Aquatic Invasions Volume 4, Issue 4: 693-696.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil C – Arbeitssicherheit. Wien, Bundeministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

Copilas-Ciocianu, D., D. Palatov, T. Rewicz, A. F. Sands, K. Arbačiauskas, T. Van Haaren, P. D. N. Herbert, M. Grabowski & I. Marin (2023): A widespread Ponto-Caspian invader with a mistake identity: integrative taxonomy elucidates the confusing taxonomy of Trichogammarus trichiatus (=Echinogammarus) (Crustacea: Amphipoda). In: Zoological Journal of the Linnean Society: 1–26.

Copilas-Ciocianu, D., D. Sidorov & E. Šidagytė-Copilas (2021): Global distribution and diversity of alien Ponto-Caspian amphipods.

Eggers T. O. & A. Martens (2001): Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands. In Lauterbornia 42: 1-68.

Eggers, T. O. (2005): Echinogammarus trichatus (Martynov, 1932) erreicht den Stichkanal Salzgitter (Crustacea: Amphipoda). In: Lauterbornia 35: 117-120.

Essl, F. & W. Rabitsch (2002): Neobiota in Österreich. Umweltbundesamt, Wien.

Honsig-Erlenburg, W. (2016): Fische, Neunaugen, Flusskrebse, Großmuscheln. Sonderreihe des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten. Klagenfurt.

Honsig-Erlenburg, W. & S. Podgornik (2013): The KARAFISH-Project. INTERREG IV A Project SLOVENIJA - AUSTRIA. High altitude distribution of brown trout and occurrence of bullhead in the mountain range Karawanke. AKL & ZZRS. 700 pp.

Ilies, J. (1978): Limnofauna Europaea. Eine Zusammenstellung aller die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tier mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie. Stuttgart, New York. Gustav Fischer Verlag.

Jungwirth, M., G. Haidvogl, O. Moog, S. Muhar & S. Schmutz (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Wien, Facultas-Verlag.

KAGIS (2022): QGIS: Nutzung von KAGIS Geodatendiensten des OGD-Portal Kärnten u.a. WMTS-Dienste – Leitfaden. Land Kärnten.

KAGIS (2023): Basiskarten. https://gis.ktn.gv.at/webgisviewer/atlas-mobile/map/Basiskarten/0rientierung%20u.%20Kataster (abgerufen am 30. Oktober 2023).

Kärntner Institut für Seenforschung (2023): Wörthersee Seenbericht. https://kis.ktn.gv.at/seen/kaerntner-seen?seeid=46 (abgerufen am 18. August 2023).

Kärntner Institut für Seenforschung (2023a): Fischregionen. https://kis.ktn.gv.at/fluesse/fischregionen (abgerufen am 26. September 2023).

Kärntner Institut für Seenforschung (2023b): Bioregionen. Bioregionen in Kärnten. https://kis.ktn.gv.at/fluesse/bioregion (abgerufen am 2. Oktober 2023).

Kärntner Institut für Seenforschung (2023c): Aquatische Neozoa in Kärnten - Invertebraten Juli 2023.

KIS (2021): Fundpunkte *Echinogammarus trichiatus* im Wörthersee. Unveröffentlicht.

Martens, A. & K. Grabow (2008): Das Risiko der Verschleppung neozoischer Amphipoda beim Überlandtransport von Yachten. In: Lauterbornia 62: 41-44.

MeinBezirk.at (2023): Überschwemmungen in Klagenfurt am Samstagabend. https://www.meinbezirk.at/klagenfurt/c-lokales/ueberschwemmungen-in-klagenfurt-am-samstagabend_a6177317 (abgerufen am 3. Dezember 2023).

Moog, O. & T. Ofenböck (2000): Österreichs Anteil an den Europäischen Ökoregionen. In: Fink, M, Otto Moog & Reinhard Wimmer (Hg.): Fliessgewässer-Naturräume Österreichs. Wien, Umweltbundesamt GmbH: 10-15.

Moog, O., A. Schmidt-Kloiber, T. Ofenböck & J. Gerritsen (2001): Aquatische Ökoregionen und Fließgewässer-Bioregionen Österreichs - eine Gliederung nach geoökologischen Milieufaktoren und Makrozoobenthos-Zönosen. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Moog, O., P. Leitner & T. Huber (2013): Aquatische Wirbellose Neozoa In: Aquatische Neobiota in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 54ff.

Ofenböck, T., O. Moog, A. Hartmann, I. Schwarzinger & P. Leitner (2019): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A2 – Makrozoobenthos. Wien, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

Österreichisches Normungsinstitut (1995): ÖNORM M 6232 Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern. Wien.

Patel, D. T., J. D. Solanki, K. C. Patel & M. Nataraj (2021): Chapter 13 - Application of biosurfactants as antifouling agent. In: Inamuddin, Charles Oluwaseun Adetunji (Hrsg.): Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science. Elsevier: 275-289.

Podraza, P., T. Ehlert & P. Roos (2001): Erstnachweis von Echinogammarus trichatus (Crustacea: Amphipoda) im Rhein. In: Lauterbornia 41: 129-133.

Semenchenko, V., T. Lipinskaya & A. Makarenko (2021): Spread Rate of Alien Amphipods and Mysids in the Main Rivers of Belarus. In: Russian Journal of Biological Invasions, 2021, Vol. 12, No. 3: 302–308.

Stark, J. D.; I. K. G. Boothroyd, J. S. Harding, J. R. Maxted & M. R. Scarsbrook (2001): Protocols for sampling macroinvertebrates in wadable streams. New Zealand Macroinvertebrate Working Group Report No. 1. Prepared for the Ministry for the Environment. Sustainable Management Fund Project No. 5103. p. 57.

Udvary, M. (1975): A Classification of the Biogeographical Provinces of the World. Morges, International Union for Conservation of Nature and Natural Ressources.

Universität von Oldenburg (2015): Homogenisierung von Ökosystemen: Artengemeinschaften gleichen sich an. https://uol.de/aktuelles/artikel/homogenisierung-von-oekosystemen-artengemeinschaften-gleichen-sich-an-1062 (abgerufen am 25. August 2023).

Weinzierl, A., G. Seitz & R. Thannemann (1997): Echinogammarus trichiatus (Amphipoda) und Atyaephyra desmaresti (Decapoda) in der bayerischen Donau. In: Lauterbornia 31, Dinkelscherben: 31-32.

Wimmer R., H. Wintersberger & G. A. Parthl (2012): Hydromorphologische Leitbilder. Band 2: Naturraumbeschreibungen, Bioregionen und Typologie. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – Abt. Vii / 1.

Wolfram, G., K. Donabaum & M. T. Dokull (2015): Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente – Teil B2 – Phytoplankton. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – Sektion IV.

Wolfram, G., M. Großschartner & U. Donabaum (2020): Untersuchung des Makrozoobenthos im Litoral ausgewählter Alpenseen 2019 und Evaluierung der Bewertungsmethode von Seen anhand des Makrozoobenthos. BMLRT, Sektion IV – Wasserwirtschaft u. Wasserbau. Unveröffentlicht.

Zettler, M. L. (2015): Kurze Notiz über die Ankunft von Echinogammarus trichiatus im Ostseegebiet und den Erstnachweis von Paramysis lacustris in Deutschland. In: Lauterbornia 79: 151-156.