

Non-indigenous species in Northern Europe and the Great Lakes-St. Lawrence River: the importance of geographic origin



Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Isabel Casties

Kiel 2018

Titelbild: *Gammarus* sp., Illustration: Fabian Wendt

Erste Gutachterin: Dr. Elizabeta Briski

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Ulrich Sommer

Tag der mündlichen Prüfung: 18.06.2018

Summary

Ecosystems all over the world are continuously invaded by new species, which become non-indigenous species (NIS) in the new location. Increasing ship traffic raises the chances for relocations of aquatic species to new regions since shipping is identified as the major transport vector. External factors such as climate change, globalization, pollution and other anthropogenic influences favor the invasion of aquatic ecosystems. For the establishment success of a species a high propagule pressure (i.e. number of introduced individuals) in conjunction with beneficial life history traits is crucial. Many species fail to establish a viable population, but some of those that succeed might cause severe harm to native communities or ecosystem functioning. Hence it is of particular interest to protect ecosystems from this threat. In my thesis I focused on NIS from the North and Baltic Seas characterized by a mostly saline ecosystem with several large brackish to freshwater estuaries, and the Great Lakes-St. Lawrence River region, a predominantly freshwater environment. Both regions are connected via frequent transatlantic ship traffic and highly invaded by well documented NIS.

In the first chapter I explored taxonomic composition and origins of NIS from both regions, and compared observed to expected numbers of NIS from major donor regions. My results confirm that the Ponto-Caspian region (i.e. Black, Azov and Caspian Seas) is a major donor of NIS in both regions, however with much higher species numbers than expected by using a model calculation based on the available species pool from donor regions, frequency of shipping transit, and an environmental match between donor and recipient regions. This poses the question what makes species, especially Ponto-Caspian species, so successful invaders.

In the second chapter I followed up on the lists of NIS and investigated seven life history traits of NIS in order to find common traits beneficial for invasion success. Successful invaders have to pass through the following stages: transport, introduction, establishment and spread. For the establishment and spread stages r-selected strategies, dormancy, and the ability to regenerate were important traits. However, the benefit of traits might depend on several factors such as the stage of the invasion process and biotic and abiotic environmental conditions.

In the third chapter I investigated temperature tolerance of three amphipod species. Global warming as part of a predicted climate change will most likely also hit the Baltic Sea and might become a hazard for the survival of native species, especially in coastal zones which is the habitat of amphipods. I compared mortality rates of the native species *Gammarus oceanicus* with the non-indigenous species *Gammarus tigrinus* and the

Ponto-Caspian species *Pontogammarus maeoticus*, which has an invasion history in freshwater areas of Turkey, but is absent in the Baltic Sea. The results reveal that *G. oceanicus*, which evolved under lower temperatures of the Baltic Sea, performed well in the control (16 °C) and decreased temperature (6 °C) treatments, but did not survive the increased temperature (26 °C) for more than five days. The Ponto-Caspian species *P. maeoticus* on the other hand was the most tolerant species at all tested temperatures. This indicates that the Ponto-Caspian species might have an advantage over native species and the potential to colonize the Baltic Sea in the future.

In conclusion, species originating from the Ponto-Caspian region invaded both regions, the North and Baltic Seas and the Great Lakes-St. Lawrence River region, in higher numbers than expected most likely due to beneficial life history traits and a wide environmental tolerance. Hence, with predicted global warming Ponto-Caspian species might be able to compete against native species in the Baltic Sea.

Zusammenfassung

Ökosysteme auf der ganzen Welt werden ständig von neuen Arten besiedelt, die am neuen Standort zu nicht heimischen Arten (NIS: non-indigenous species) werden. Der zunehmende Schiffsverkehr erhöht die Umsiedlungschancen aquatischer Arten in neue Regionen, da die Schifffahrt der wichtigste Transportvektor ist. Externe Faktoren wie Klimawandel, Globalisierung, Umweltverschmutzung und andere anthropogene Einflüsse begünstigen das Eindringen fremder Arten in aquatische Ökosysteme. Für den Etablierungserfolg einer Art ist eine hohe Einschleppungs-Intensität (d. h. die Anzahl eingeführter Individuen) in Verbindung mit vorteilhaften Eigenschaften entscheidend. Viele Arten schaffen es nicht, eine lebensfähige Population zu etablieren, aber einige erfolgreiche Arten könnten den heimischen Gemeinschaften oder dem Ökosystem schweren Schaden zufügen. Daher ist es von besonderem Interesse, Ökosysteme vor dieser Bedrohung zu schützen. Der Fokus meiner Dissertation liegt auf NIS aus der Nord- und Ostsee, charakterisiert durch ein überwiegend salines Ökosystem mit mehreren großen Brackwasser- bis Süßwassermündungen und aus der Great Lakes-St. Lawrence River Region, überwiegend eine Süßwasserregion. Beide Regionen sind durch häufigen transatlantischen Schiffsverkehr miteinander verbunden und wie zahlreiche Studien belegen stark mit NIS besiedelt.

Im ersten Kapitel habe ich die taxonomische Zusammensetzung und die Herkunft der NIS aus beiden Regionen untersucht und die ermittelte mit der erwarteten Anzahl von NIS aus wichtigen Ursprungsregionen verglichen. Meine Ergebnisse bestätigen, dass die Ponto-Kaspische Region (Schwarzes, Asowsches und Kaspisches Meer) für NIS in beiden Regionen eine wichtige Ursprungsregion ist, jedoch mit wesentlich höheren Artenzahlen als erwartet, basierend auf verfügbaren Artenpools aus Ursprungsregionen, der Häufigkeit des Schiffsverkehrs und der Ähnlichkeit der Umweltbedingungen zwischen Ursprungs- und Einwanderungsregionen. Das wirft die Frage auf, wodurch vor allem Ponto-Kaspische Arten zu so erfolgreichen Eindringlingen werden.

Im zweiten Kapitel habe ich sieben biologische Merkmale von den bereits ermittelten NIS aus beiden Regionen untersucht, um Gemeinsamkeiten zu finden, die bei einem Invasionserfolg von Vorteil sind. Erfolgreiche Eindringlinge müssen folgende Phasen durchlaufen: Transport, Einführung, Etablierung und Verbreitung. Für die Etablierung und Verbreitung waren die r-Strategie, Überdauerungsstadien und die Regenerationsfähigkeit wichtige Merkmale. Der Vorteil von Merkmalen könnte jedoch von mehreren Faktoren abhängen, wie z. B. dem Stadium des Invasionsprozesses oder biotischen und abiotischen Umweltbedingungen.

Im dritten Kapitel habe ich die Temperaturtoleranz von drei Amphipodenarten untersucht, die zu den Krebstieren gehören und in vielen Küstenregionen vorkommen. Die globale Erwärmung als Teil des prognostizierten Klimawandels wird sehr wahrscheinlich auch die Ostsee betreffen und könnte eine Gefahr für das Überleben heimischer Arten, insbesondere in Küstengebieten, darstellen. Ich habe die Mortalitätsraten der heimischen Art *Gammarus oceanicus*, der nicht heimischen Art *Gammarus tigrinus* und der Ponto-Kaspischen Art *Pontogammarus maeoticus* miteinander verglichen. Letztere hat einen Invasionshintergrund in Süßwassergebieten der Türkei, kommt in der Ostsee aber nicht vor. Die Ergebnisse zeigen, dass die Art *G. oceanicus*, die sich bei relativ niedrigen Temperaturen in der Ostsee entwickelt, mit den Kontroll- und kalten Temperaturbedingungen (16 bzw. 6 °C) gut zurechtkommt, aber die warme Temperatur (26 °C) auf Dauer nicht überlebt. Die Ponto-Kaspische Art *P. maeoticus* dagegen war bei allen getesteten Temperaturen die toleranteste Art. Das deutet darauf hin, dass die Ponto-Kaspische Art einen Vorteil gegenüber heimischen Arten und das Potenzial zur zukünftigen Besiedlung der Ostsee haben könnte.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Arten aus der Ponto-Kaspischen Region beide Regionen, die Nord- und Ostsee und die Great Lakes-St. Lawrence River Region, in einer höheren Anzahl besiedeln als erwartet, wahrscheinlich aufgrund von vorteilhaften biologischen Merkmalen und einer hohen Toleranz gegenüber Umweltbedingungen. Daher könnten Ponto-Kaspische Arten durch die vorhergesagte Erderwärmung gegen heimische Arten in der Ostsee konkurrieren.