

Morphologische und ökologische Eigenschaften allochthoner Mysidacea aus der Pontokaspis

Heidi Roth

aus Greiz, geboren am 05.04.1994

Matrikelnummer: 212206772

Thema eingereicht am: 13.04.2015

Beginn der Laborzeit: 13.04.2015

Abgabedatum: 23.06.2015

Erstgutachter:

Dr. Michael L. Zettler
Leibniz-Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
AG Ökologie benth. Organismen
Tel.: +49 381 5197 236
michael.zettler@io-warnemuende.de

Zweitgutachter:

Dr. Wolfgang Wranik
Universität Rostock
Institut für Biowissenschaften
Meeresbiologie
Tel.: +49 381 498 6060 / 6058
wolfgang.wranik@uni-rostock.de

Inhaltverzeichnis

Zusammenfassung	2
Summary.....	3
1 Einleitung	4
2 Material und Methoden	6
3 Ergebnisse.....	8
3.1 <i>Hemimysis anomala</i> G.O. Sars, 1907	10
3.1.1 Taxonomie und Systematik.....	10
3.1.2 Morphologie	12
3.1.3 Ökologie.....	18
3.1.4 Verbreitung	22
3.2 <i>Limnomysis benedeni</i> Czerniasky, 1882.....	25
3.2.1 Taxonomie und Systematik.....	25
3.2.2 Morphologie	27
3.2.3 Ökologie.....	33
3.2.4 Verbreitung	36
3.3 <i>Paramysis lacustris</i> (Czerniasky, 1882)	38
3.3.1 Taxonomie und Systematik.....	38
3.3.2 Morphologie.....	40
3.3.3 Ökologie.....	46
3.3.4 Verbreitung	48
4 Diskussion	50
4.1 Morphologische Gemeinsamkeiten und Unterschiede	50
4.2 Potentielle Gründe für weitreichende Expansion	52
5 Literaturverzeichnis.....	54
Anhang	I
I – Auflistung von Erstnachweisen der untersuchten Mysidaceen außerhalb der Pontokaspis	I
II - Abkürzungsverzeichnis.....	VII
III – Material und Software.....	VIII
IV – Danksagung	IX
V – Eidesstattliche Erklärung	X

Zusammenfassung

In der vorliegenden Bachelorarbeit wird ein umfassender Überblick über drei Mysidaceen mit pontokaspischem Ursprung gegeben. Zu den untersuchten Arten zählen *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907, *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 und *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882). Es wird auf die Taxonomie, Systematik, Morphologie, Ökologie sowie Expansion der Tiere eingegangen. Die Ökologie umfasst die Lebensweise, Reproduktion, Ernährung und Habitate der Tiere. Ferner werden biotische Wechselwirkungen zwischen endemischen und den allochthonen Arten näher erläutert. In der anschließenden Diskussion werden morphologische Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Mysidaceen verdeutlicht. Abschließend werden potentielle Gründe für ihre weite Expansion dargelegt und Prognosen für weitere, mögliche Ausbreitungsgebiete gegeben.

Alle drei Mysidaceen sind euryök und haben sich seit dem frühen 20. Jahrhundert über die Grenzen ihres natürlichen Verbreitungsgebietes ausgebreitet. Gründe für ihre rasante Ausbreitung liegen in ihrer Ökologie sowie in dem anthropogenen Einfluss auf die Organismen. Ökologisch gesehen besitzen alle drei Arten einen hohen Toleranzbereich gegenüber dem Salzgehalt und der Temperatur. Infolge einer von der ehemaligen Sowjetunion beauftragten Aussetzung in den 1960er Jahren, wurden die Arten in verschiedene Reservoirs und Gebiete in Osteuropa eingeführt. *Limnomysis benedeni* und *Paramysis lacustris* entwickelten stabile Populationen in litauischen Gewässersystemen und Reservoirs und expandierten, wie auch *Hemimysis anomala* in das Kurische Haff. Alle drei Arten werden potenziell als invasiv betrachtet, wobei sich *Hemimysis anomala* von diesen am rasantesten und weitesten in europäischen Flusssystemen und Ästuaren ausbreitete.

Summary

The present paper is giving a comprehensive overview of three mysids with Ponto-Caspian origin. To the investigated species belong *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907, *Limnomysis benedeni* Czerniavksy, 1882 and *Paramysis lacustris* (Czerniavksy, 1882). The taxonomy, morphology, ecology and the distribution of the animals are handled. The ecology is comprising the mode of life, reproduction, diet and the habitats of the species. Further the biotic interactions between endemic and the allochthonous species will be explained. The following discussion clarifies morphological similarities and differences of the mysids. Finally potentially reasons for their wide expansion are given and prognoses for further and possible distribution areas are shown.

The three mysids are euryoecious and spread outside their natural distribution area in the early 20th century. Reasons for their rapid expansion are found in their ecological tolerance range as well as in anthropogenous impacts. The animals are having a high tolerance range towards salinity and temperature. In the 1960s the species were introduced in different reservoirs and areas of the former Soviet Union. *Limnomysis benedeni* and *Paramysis lacustris* were developing stable populations in Lithuanian water reservoirs and distributed in the same way like *Hemimysis anomala* in the Curonian Lagoon. All three species are potential invaders, whereas *Hemimysis anomala* did the most rapid and widest expansion in European river systems and estuaries.

1 Einleitung

Die Pontokaspis setzt sich aus dem Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meer zusammen. Erdgeschichtlich war das pontokaspische Becken im Miozän von dem Ostmittelmeer isoliert (Grabowski *et al.*, 2005). Zu dieser Zeit mündete die Paratethys¹ in den Brackwassersee Sarmatian, welcher das heutige Schwarze und Südkaspische Meer beinhaltete (Grabowski *et al.*, 2005). Infolge eines tiefen tektonischen Erdfalls wurde das südkaspische Becken, welches durch einen enormen Wassereinstrom vom Schwarzen Meer getrennt wurde, geformt. Durch mehrere aufeinander folgende, plattentektonische Bewegungen sowie einem rapiden Klimawechsel, veränderten sich der Salzgehalt und der Wasserstand rapide (Grabowski *et al.*, 2005). Folge waren Gletscherbildung und anschließende Deglaziationen, welche das heute vorliegende pontokaspische Becken formten. Das Kaspische Meer lag nun isoliert vor und entwickelte seine heutig einzigartige Salzzusammensetzung (Grabowski *et al.*, 2005). Das Schwarze Meer verband sich erst vor 8000 Jahren mit dem Mittelmeer, wobei ein Teil der einst so vielseitigen Süßwasserfauna und -flora ausstarb. Die Organismen, welche überlebten, halten sich noch heute in Brackwasser-Lagunen und Flussmündungen auf (Grabowski *et al.*, 2005).

Das nördliche Küstengebiet des Schwarzen sowie auch des Kaspischen Meeres zeigt eine hohe Diversität an Brackwasserfauna, zum Beispiel Vertreter der Crustaceen wie Mysida, Amphipoda und Cumacea (Audzijonyte *et al.*, 2006).

Die Familie der Mysidae gehört der Ordnung Mysida an, welche als „Schwebgarnelen“ bezeichnet werden. Sie sind keine echten Garnelen und gehören wie auch Amphipoda und Isopoda zu den Ranzenkrebsen (Wittmann, 2002). Viele Vertreter der Mysidae leben marin, wobei mehr als 15 Arten in der Ostsee vorkommen (Köhn & Gosselck, 1989). „*Sie besitzen einen caridoi- den Habitus, wobei der Carapax mit den ersten bis vierten Thorakomeren verbunden ist und auf den sechsten bis achten locker liegt*“ (Köhn & Gosselck, 1989). Die erste Antenne weist einen dreifach gegliederten Pedunculus auf und ist zweifach verzweigt. Die Augen sind meist groß und gestielt (Köhn & Gosselck, 1989). Telson und Uropoden bilden einen Schwanzfächer und die Endopoditen der Uropoden weisen signifikante Statozysten auf.

¹ Erdgeschichtliches Randmeer Eurasiens

Diese Invertebraten sind nektobenthisch, das heißt sie verbringen einen Teil ihres Lebens im Pelagial sowie auch im Benthos (Ojaveer *et al.*, 2002). Die meisten von ihnen ernähren sich omnivor und fressen mit Vorliebe Zooplankton.

Drei allochthone Mysidaceen, welche nun auch in der Ostsee vorkommen, werden in dieser Arbeit näher untersucht. Zu den Arten zählen *Hemimysis anomala* G. O. Sars, 1907, *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 und *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882). Alle drei Spezies gehören der Subfamilie Mysinae an, welche erstmalig von Haworth (1825) beschrieben wurde.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, einen umfassenden Überblick über *Hemimysis anomala*, *Limnomysis benedeni* und *Paramysis lacustris* zu verschaffen. Neben einem kurzen Einblick in die Taxonomie sowie der Einordnung in die Systematik liegt das Hauptaugenmerk auf der Morphologie und Ökologie dieser Arten.

Des Weiteren wird der Verbreitungsweg dieser allochthonen Malakostraken näher beleuchtet und potentielle Gründe für ihre Expansion dargelegt.

2 Material und Methoden

Die vorliegende morphologische sowie ökologische Untersuchung basiert auf Proben aus der Sammlung der Arbeitsgruppe *Ökologie benthischer Organismen* des Leibniz–Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOW).

Von den in der Arbeit charakterisierten Arten *Hemimysis anomala*, *Limnomysis benedeni* und *Paramysis lacustris*, wurden Zeichnungen, Fotografien und Verbreitungskarten angefertigt.

Das bearbeitete Tiermaterial von *Limnomysis benedeni* und *Paramysis lacustris* stammt aus dem Kurischen Haff, Klaipeda und Upaitis (Litauen) und wurde 2004 gefangen.

Die von 2001 bis 2005 gesammelten Proben von *Hemimysis anomala* stammen aus drei verschiedene Regionen Deutschlands, aus der Elbe bei Barförde (Niedersachsen), der Havel in Bahnitz (Brandenburg) und der Elde bei Banzkow (Mecklenburg-Vorpommern).

Vorbereitend für die Erstellung digitaler Zeichnungen wurden einzelne artspezifische Gliedmaßen der Mysidaceen abpräpariert. Zu den Präparaten gehörten die 1. Antenne, die 2. Antenne, eine Antennenschuppe, der Mandibularpalpus, die Maxille mit Maxilliped, ein Pereiopod mit Exopodit und Endopodit, die Pleopoden, der Uropod und das Telson.

Die Extremitäten wurden mittels 87%igen Glycerins, pflanzlichen Ursprungs, auf Objektträger fixiert und anschließend unter Zuhilfenahme des *Zeiss Axio Lab.A1*–Mikroskops mit angeschlossener *Axio Cam ERc5s* fotografiert. Für Habitus–Fotografien der Schwebgarnelen wurde mit einem *Zeiss SteREO Discovery V8*–Binokular mit angeschlossener *Axio Cam ICc3* gearbeitet.

Die verwendete Software für die Erstellung der Fotografien war in beiden Fällen *AxioVision*. Für bestmögliche Bilder wurde die Tiefenschärfe in ihrer Qualität der Ausrichtung sehr hoch eingestellt. Die in der Arbeit vorkommenden Habitus-Bilder wurden anschließend mit *Adobe Illustrator Photoshop* bearbeitet.

Alle angefertigten Fotografien dienten als Grundlage für die Erstellung digitaler Illustrationen der morphologischen Merkmale der Schwebgarnelen. Die Zeichnungen wurden mit einem Grafiktablett der Marke *Wacom* und mithilfe der Software *Adobe Illustrator CS5* erstellt. Sämtliche Verbreitungskarten sind ebenfalls mit diesem Programm gezeichnet worden.

Alle Informationen für morphologische und ökologische, sowie Verbreitungsaspekte wurden in Folge einer ausführlichen Literaturrecherche zusammen getragen. Für die Beschaffung dieser Referenzen wurde verschiedenste Datenbanken, wie zum Beispiel Scopus, Zoological record oder Invasive species compendium zurückgegriffen. Weiterhin wurde der online Verbundkatalog GVK über die Universitätsbibliothek Rostock genutzt.

3 Ergebnisse

Übergeordnete Systematik

Animalia (Reich)

Arthropoda (Phylum)

Crustacea (Subphylum) Brünnich, 1772

Malacostraca (Klasse) Latreille, 1802

Eumalacostraca (Unterklasse) Grobben, 1892

Peracardia (Überordnung) Calman, 1904

Mysida (Ordnung) Boas, 1883

Mysidae (Family) Haworth, 1825

Erythropinae (Subfamilie) Hansen, 1910

Erythrops (Gattung) G.O. Sars, 1869

Erythrops elegans G.O. Sars, 1863

Gastrosaccinae (Subfamilie) Norman, 1892

Gastrosaccus (Gattung) Norman, 1868

Gastrosaccus spinifer Goës, 1864

Heteromysinae (Subfamilie) Norman, 1892

Heteromysis (Gattung) S.I. Smith, 1873

Heteromysis (Heteromysis) (Untergattung) Băcescu, 1968

Heteromysis formosa Smith, 1873

Leptomysinae (Subfamilie) Czerniavsky, 1882

Leptomysis (Gattung) G.O. Sars, 1869

Leptomysis gracilis G.O. Sars, 1864

Mysidopsis (Gattung) G.O. Sars, 1864

Mysidopsis gibbosa G.O. Sars, 1864

Mysinae (Subfamilie) Haworth, 1825

Hemimysis (Gattung) G. O. Sars, 1869

Hemimysis lamornae Couch, 1856

→ **Hemimysis anomala** G. O. Sars, 1907

Limnomysis (Gattung) Czerniavsky, 1882

→ **Limnomysis benedeni** Czerniavsky, 1882

Mesopodopsis (Gattung) Czerniavsky, 1882

Mesopodopsis slabberi Van Beneden, 1861

Mysis (Gattung) Latreille, 1802

Mysis relicta Lovén, 1862

Mysis mixta Liljeborg, 1853

Neomysis (Gattung) Czerniavsky, 1882

Neomysis integer Leach, 1814

Paramysis (Gattung) Czerniavsky, 1882

Paramysis (Serrapalpis) (Untergattung) Czerniavsky, 1883

→ **Paramysis (Serrapalpis) lacustris** (Czerniavsky, 1882)

Praunus (Gattung) Leach, 1814

Praunus felxuosus Müller, 1776

Praunus inermis Rathke, 1843

Praunus neglectus G.O. Sars, 1869

Schistomysis (Gattung) Norman, 1892

Schistomysis ornata G. O. Sars, 1864

Schistomysis spiritus Norman, 1860

Die aufgelisteten Spezies und Gattungen gehören der Familie Mysidae an und sind bisher in der Ostsee gefunden worden. Die dargestellte Systematik richtet sich nach dem World Register of Marine Species (WoRMS) (2015) sowie dem Bestimmungsschlüssel von Köhn & Gossleck (1989).

3.1 *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907

3.1.1 Taxonomie und Systematik

Englischer Name: bloody-red shrimp

Locus typicus: Landzunge Karsa-Singir bei Turkmenistan

Etymologie: Der Gattungsname *Hemimysis* setzt zum einen aus dem griechischen Wort *hemi*, was übersetzt „halb“ heißt und zum anderen aus dem Gattungsname *Mysis* zusammen. Der Artnamen *anomala* leitet sich von dem griechischen Wort *anomalía*, was so viel wie „Unebenheit“ oder „Unregelmäßigkeit“ bedeutet, ab. Der Grund für diese Benennung ist vermutlich ihre Farbgebung, welche sich im Verlaufe ihrer Entwicklung verändert und rote Chromatophoren besitzen kann.



Abbildung 1: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Habitus ♀ lateral rechts. (Elbe bei Barförde (Überschwemmungsgebiet), Deutschland, Niedersachsen; 53,36822° N; 10,622470° E; 13.Mai 2002; leg./det. M. Albert & R. Petersen) – Foto: H. Roth (2015)

Hemimysis anomala wurde 1907 von G. O. Sars erstmalig beschrieben und gehört zu Gattung *Hemimysis*. Den Gattungsname beschrieb G. O. Sars 1869 und beinhaltet neun weitere Taxa.

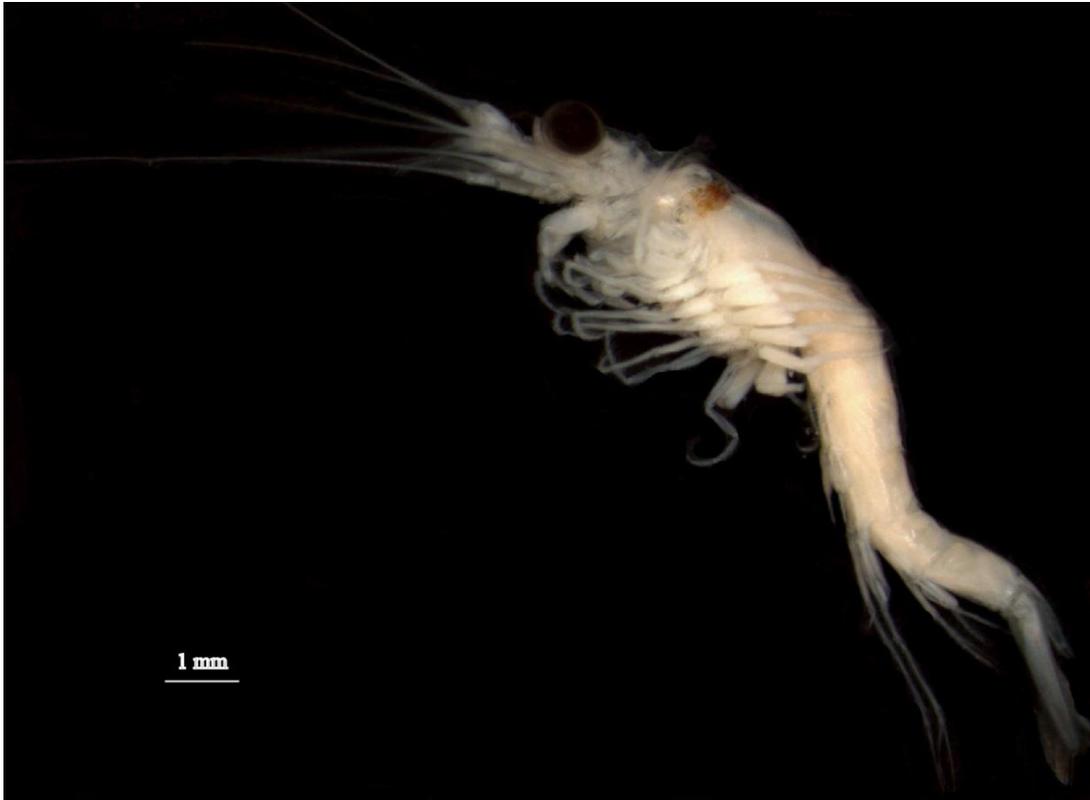


Abbildung 2: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Habitus ♂ lateral links. (Elbe bei Barförde (Überschwemmungsgebiet), Deutschland, Niedersachsen; 53,36822° N; 10,622470° E; 13. Mai 2002; leg./det. M. Albert & R. Petersen) – Foto: H. Roth (2015)

3.1.2 Morphologie

Die Angaben der morphologischen Beschreibungen beruhen auf den Publikationen von Băcescu (1954), Holdich *et al.* (2006), Janas & Wysocki (2005), Sars (1893) und Salemaa & Hietalahti (1993) sowie auf eigenen Beobachtungen. Weiterhin wurde für die korrekte Bezeichnung der Körperabschnitte sowie Gliedmaße der Bestimmungsschlüssel von Köhn & Gosselck (1989) genutzt.

Laut Băcescu (1954) und Salemaa & Hietalahti, (1993) sind die Männchen 8 bis 10 mm und die Weibchen 8 bis 11 mm groß, die somit geringfügig länger sind. Die in der Arbeit verwendeten Tiere unterschieden sich in ihrer Größe von den Angaben der Literatur. Die männlichen als auch weiblichen Tiere waren zwischen 10 und 14 mm groß.

H. anomala besitzt dunkelrote Pigmentflecken und eine elfenbein-gelbliche **Farbe** (Băcescu, 1954; Holdich *et al.*, 2006; Janas & Wysocki, 2005; Salemaa & Hietalahti, 1993), welche sich mit steigendem Alter der Tiere intensiviert (Salemaa & Hietalahti, 1993). Die untersuchten Tiere waren seit elf Jahren in Ethanol eingelegt und entfärbten sich über die Zeit. Daher weisen sie jetzt keine dunkelroten Stellen mehr auf und besitzen lediglich einen elfenbeinfarbenen Körper, dargestellt in Abbildungen 1 und 2.

H. anomala hat einen kräftigen und drallen Körperbau und ähnelt *H. lamornae* in dieser Hinsicht (Băcescu 1954, Sars 1893). Wie alle Mysidaceen weist sie einen „*caridoiden Habitus*“ (Köhn & Gosselck, 1989) auf, welcher sich in Cephalon, Thorax und Abdomen gliedert.

Das **Cephalon** ist sehr gut definiert, wobei das **Rostrum** leicht gewölbt ist und bogenförmig unterhalb der Augen verläuft (Sars, 1893) (Abb. 5).

Die **Augen** von *H. anomala* sind sehr groß und haben eine runde Form. Sie stehen weit auseinander und sind seitlich des Carapaxes beachtlich vergrößert. Außerdem sind sie sehr dunkel und besitzen oberhalb des Augenschafts eine große Ansammlung von dunklen Pigmentzellen, wodurch die Augen im inneren dunkler erscheinen, als im äußeren Bereich (Abb. 5).

Die **erste Antenne** befindet sich oberhalb am Cephalons und ist zweifach verzweigt. Der Pedunculus ist dabei in drei Segmente unterteilt und hat nach Sars (1893) eine übliche Struktur

und bescheidene Größe. Die innere Geißel der ersten Antenne ist beidseitig mit glatten Borsten behaart, wohingegen die äußere nur auf der inneren Seite eine Behaarung zeigt. Außerdem ist festzustellen, dass die innere Behaarung im unteren Bereich stärker ausgeprägt ist und längere Borsten vorhanden sind (Abb. 3). Weiterhin befindet sich an der Rückseite des Pedunculus eine kurze Nebengeißel, welche an der Spitze glatte Borsten besitzt.

Die **zweite Antenne** besitzt eine **Antennenschuppe**, welche vergleichsweise klein und geringfügig länger als der Pedunculus der ersten Antenne ist. Sie besitzt eine länglich lanzenförmige Gestalt und ist bis auf die Hälfte des äußeren Randes, welcher nahezu gerade ist, mit Fiederborsten ausgestattet (Sars, 1893). Weiterhin zeigt die Antennenschuppe im unteren Teil eine leichte Pigmentierung (Abb. 3).

Der **Mandibularpalpus** weist eine dreigliedrige Segmentierung auf und befindet sich unterhalb der zweiten Antenne am Rostrum. Weiterhin ist er an der Unterseite stark mit glatten Borsten behaart, wohingegen die Oberseite eine mäßige Behaarung zeigt (Abb. 3).

H. anomala besitzt wie alle Mysidaceen acht **Pereiopoden**, welche alle gleich aufgebaut sind. Die Pereiopoden gliedern sich in Exo- und Endopodit, wobei beide eine annähernd gleiche Länge besitzen. Der Exopodit hat Fiederborsten, welche nur auf einer Seite vorhanden sind, und ist bei vielen untersuchten Tieren nach oben in Richtung des Carapaxes gebogen. Der Endopodit weist hingegen beidseitig glatte Borsten auf. Exo- und Endopoditen sind mehrfach gegliedert und spitzen sich sukzessiv zu (Abb. 3).

Die **Pleopoden** von *H. anomala* stellen die morphologischen Geschlechtsunterschiede zwischen Männchen und Weibchen dar.

Weibchen besitzen morphologisch gleich gebaute Pleopoden vom ersten bis fünften Segment des Pleons. Diese sind kleine längliche Gliedmaße, welche auf der Außenseite viele Fiederborsten besitzen (Abb. 4).

Männliche Tiere weisen vier verschiedene Paare von Pleopoden auf. Die Pleopoden am ersten und zweiten Segment des Abdomens sind ebenso morphologisch aufgebaut wie die der Weibchen. Am dritten Segment sind sie am basalen Abschnitt dilatiert und weisen einen fehlenden äußeren Ast auf (Sars, 1893). Das Schwimmbeinpaar am vierten abdominalen Segment ist stark verlängert und ragt bis zum Schwanzfächer des Abdomens (Sars, 1893). Weiterhin verzweigt es sich im terminalen Bereich in zwei Äste. Diese Pleopoden weisen kaum Borsten auf und sind nur im unteren Bereich leicht mit glatten Härchen behaart. Das fünfte Pleopoden-Paar ist in zwei Äste unterteilt, welche einerseits Fiederborsten besitzen und andererseits so lang wie das

sechste Abdominalsomit sind. In Abbildung 4 sind die Pleopoden eines Männchens separat sowie an einem Abdomen dargestellt.

Der **Uropod** von *Hemimysis anomala* ist in zwei Glieder unterteilt, wobei beide ringsum mit Fiederborsten ausgestattet sind. Der Endopodit ist an der Basis stark vergrößert und besitzt eine sehr ausgeprägte Statozyste, welche drei Ringe ausbildet und so den basalen Abschnitt komplett einnimmt. Weiterhin besitzt der Endopodit sechs bis neun Dornen am proximalen Abschnitt (Băcescu, 1954; Sars, 1893) (Abb. 4). Der Exopodit ist ein Drittel länger als der Endopodit und bildet mit ihm zusammen eine schwanzfächerähnliche Struktur.

Das **Telson** ist nicht wesentlich länger als das letzte abdominale Segment und hat eine dreieckige Form, welches sich sukzessive zuspitzt (Sars, 1893). An den Kanten des Telsons befinden sich jeweils 14 kleine Dornen. Sars (1893) vermerkte, dass sich etwa 15 Dornen an den Außenrändern befinden, wohingegen Băcescu (1954) von 5 bis 17 Dornen spricht. Der abschließende Rand des Telsons verläuft geradlinig und ist sehr fein gezackt. Die äußeren Enden sind durch glatte längere Dornen charakterisiert. Es ist festzustellen, dass im oberen Drittel des Telsons eine leichte, geradlinige Pigmentierung vorhanden ist (Abb. 4).

In Abbildung 5 sind Habitus-Zeichnungen eines Weibchens (Lateralansicht) und eines Männchens (Dorsalansicht) dargestellt.

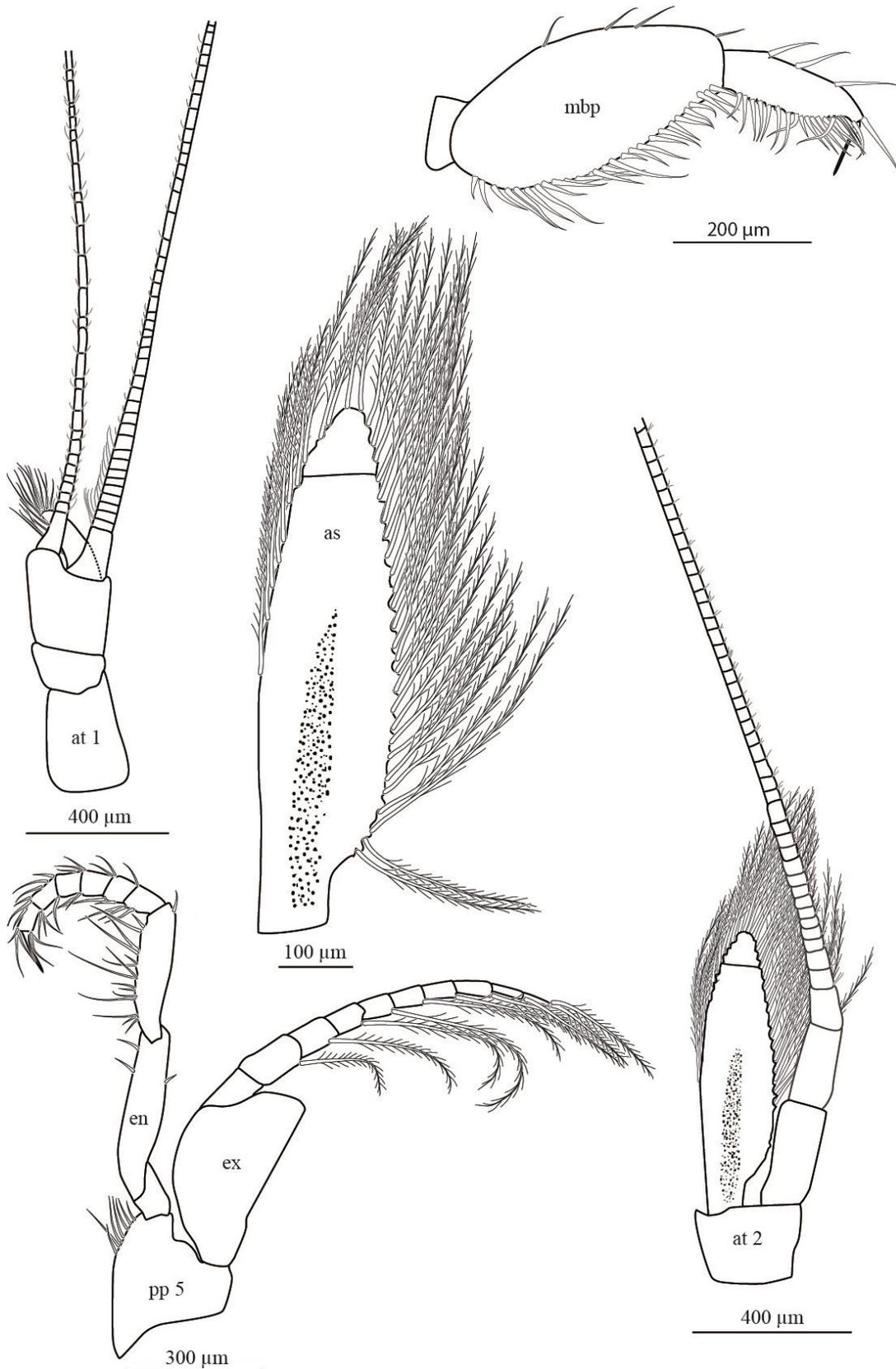


Abbildung 3: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Tafel 1 vorderen Extremitäten: at 1 – 1. Antenne; at 2 – 2. Antenne; as – Antennenschuppe; mbp – Mandibularpalpus; pp – Pereiopod, ex – Exopodit, en – Endopodit (Elbe bei Barförde (Überschwemmungsgebiet), Deutschland, Niedersachsen; 53,36822° N; 10,622470° E; 13. Mai 2002; leg./det. M. Albert & R.Petersen) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

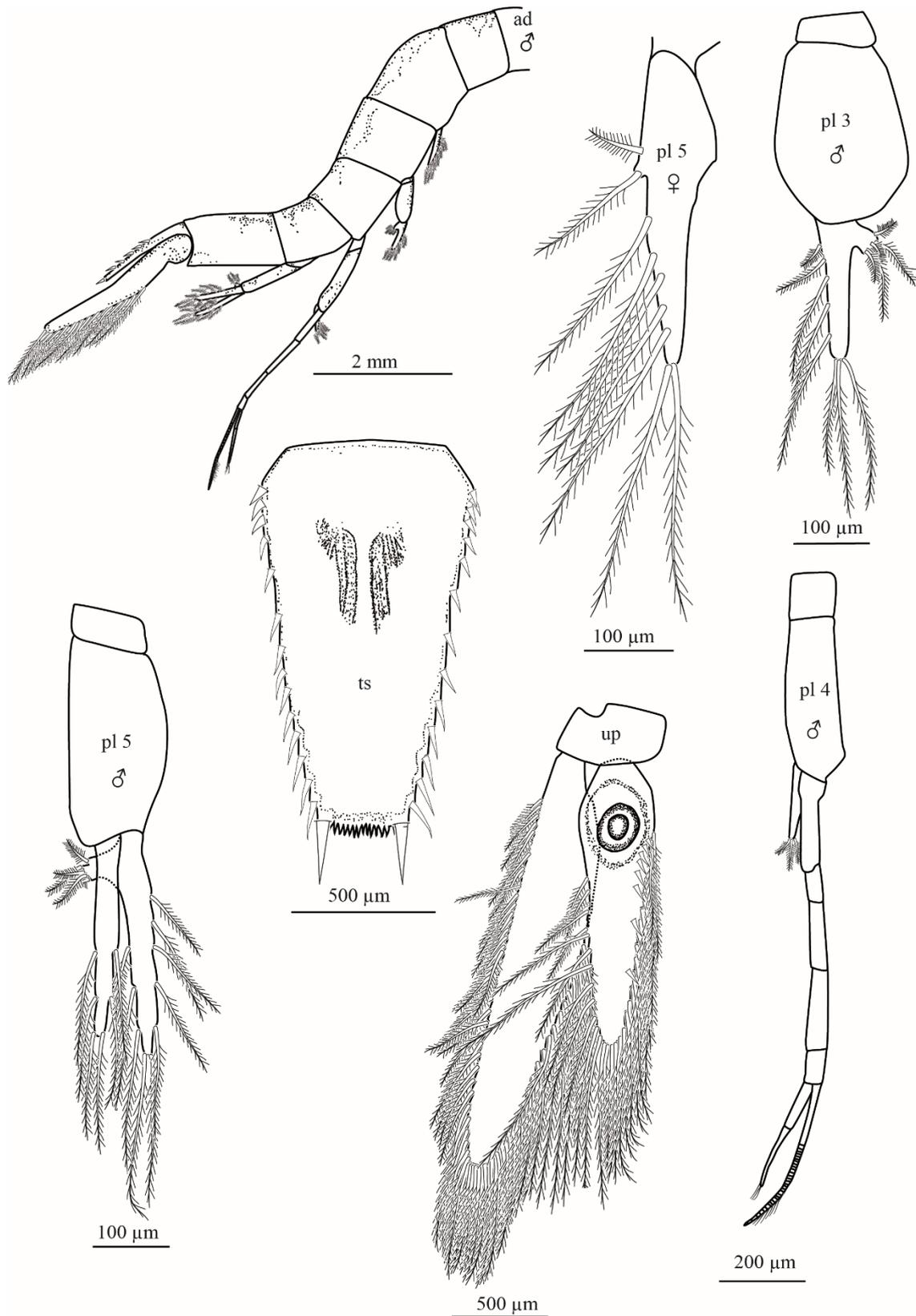


Abbildung 4: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Tafel 2 hintere Extremitäten: ad – Abdomen, pl – Pleopod, ts – Telson, up – Uropod (Elde bei Banzkow (Parchim), oberhalb der Straßenbrücke, Störkanal bei Banzkow, Deutschland, Mecklenburg – Vorpommern; 53,255625° N; 11,520128° E; 07. November 2001 leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

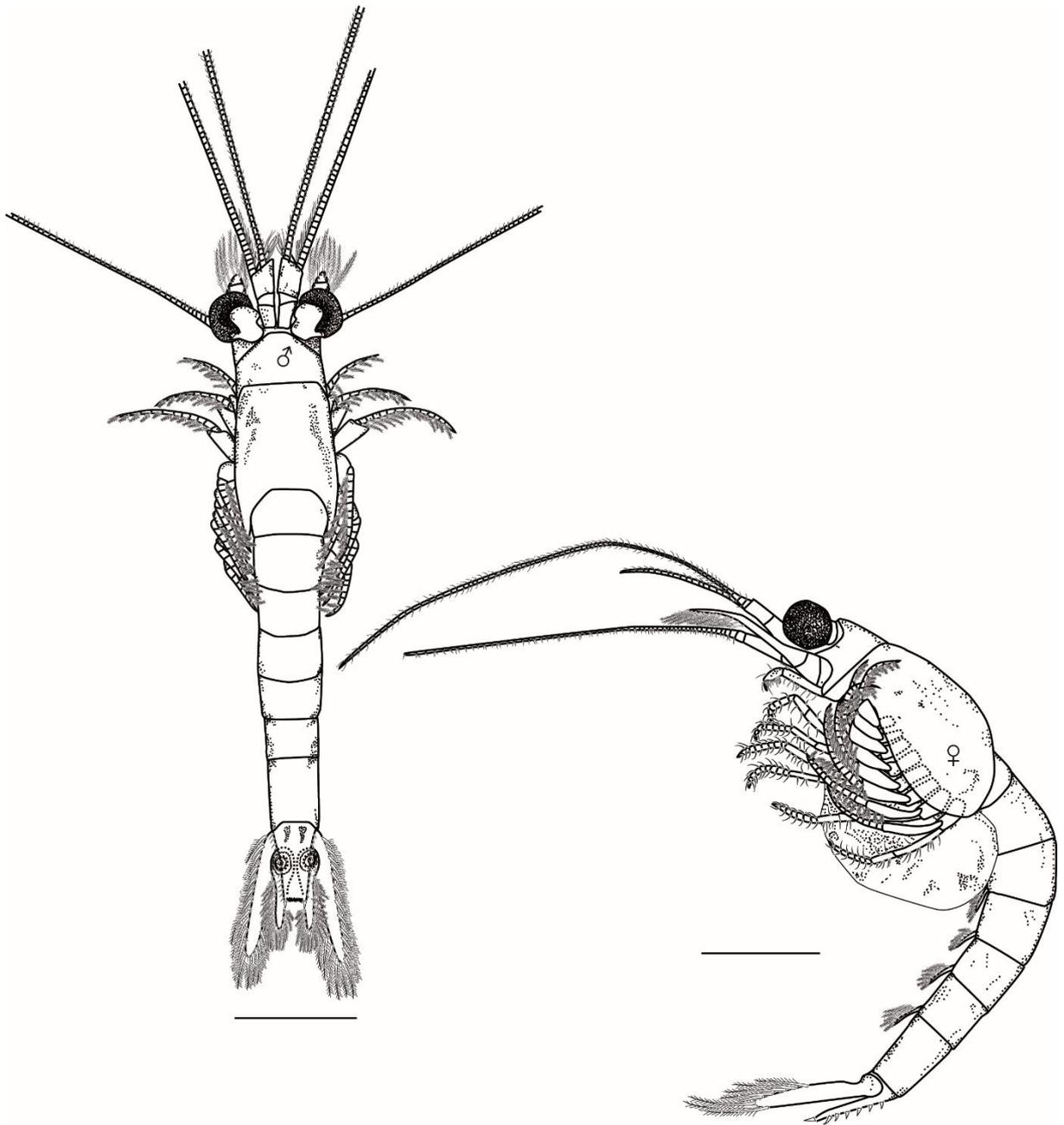


Abbildung 5: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Tafel 3 Habitus mit dem Maßstab 2 mm (Elbe bei Barförde (Überschwemmungsgebiet) Deutschland, Niedersachsen; 53,36822° N; 10,622470° E; 13. Mai 2002; leg/det. M. Albert & R. Petersen) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

3.1.3 Ökologie

Habitat in Verbindung mit autökologischen Parametern

Hemimysis anomala ist eine Mysidacea, welche im Sublitoral von Süß- und Brackwasser lebt (Rudolph & Zettler, 2003). Die Wahl ihres Habitats ist durch ihre nektobenthische Lebensweise und ihre Photophobie geprägt (Salemaa & Hietalahti, 1993; Wittmann, 2007). Daher sucht sie sich Habitate, in denen sie Schutz vor Tageslicht findet. Ihre favorisierenden Lebensräume sind gekennzeichnet durch Hartsubstrate wie Steine, Felsbrocken, Muscheln und zerschlagenen Schalen (Pothoven *et al.*, 2007; Wittmann *et al.*, 1999, Wittmann 2007). Weiterhin kommt sie unter dichter Algenvegetation (Wittmann, 2007) oder auch in Mischsubstraten vor, welche aus harten Böden und dünnen Schichten aus Kies, Sand und Silt bestehen (Kotta & Kotta, 2009). In der Ostsee hält sich die Art 4 bis 12 m im Phytal, welches durch *Mytilus* sp. und Rotalgen charakterisiert ist, auf (Kotta & Kotta, 2009; Salemaa & Hietalahti, 1993). In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt sie im Flachwasser der Küsten sowie in Flussmündungen bis maximal 40 km stromaufwärts vor (Băcescu, 1954). Des Weiteren kann sie sich in Tiefen von 0 bis 60 m aufhalten (Wittmann, 2007). Sie kommt eher in Gewässern mit einer niedrigen Wasserströmung vor, da ihr Toleranzbereich zwischen 0,0 und 0,8 m/s liegt (Wittmann, 2007). Der pH-Wert der Gewässer sollte zwischen 6,35 bis 8,65 und der Sauerstoffgehalt zwischen 3,99 bis 10,80 mg/l liegen (Wittmann, 2007). Für eutrophierte und trübe Habitate zeigt *H. anomala* ebenso einen weiten Toleranzbereich von 5 bis 137 NTU². Weiterhin sollte das Wasser eine temporäre Härte von 6 bis 12 °d und eine Leitfähigkeit von 279 zu 29200 µS/cm nicht überschreiten (Wittmann, 2007). Die Art ist des Weiteren euryhalin und kann bei Salzgehalten von 0,1 bis 18,0 PSU³ vorkommen (Bij de Vaate *et al.*, 2002; Wittmann, 2007). Die allochthone Spezies kommt hauptsächlich in Habitaten vor, welche im Temperaturbereich von 2 bis 28 °C liegen (Wittmann, 2007). Durch diese dargestellten abiotischen Faktoren wird deutlich, dass sich *H. anomala* individuell an ihr Habitat anpasst und daher in einen für sie optimalen Bereich der Gewässer vorkommt. Ihr hoher Toleranzbereich weist außerdem auf einen potenziell, invasiven Charakter hin (Wittmann, 2002).

² NTU = nephelometrische Trübungseinheit (Wittmann, 2007)

³ PSU = practical salinity unit

Lebensweise

Die Lebensweise von *H. anomala* ist wie oben schon erwähnt nektobenthisch, das bedeutet die Art lebt sowohl im Pelagial sowie auch am Benthos und kann sich in diesen Bereichen aktiv bewegen. Zu dieser Lebensart kommt hinzu, dass *H. anomala* photophob ist (Borcherding *et al.*, 2006; Horká *et al.*, 2012; Stich *et al.*, 2009; Wittmann, 2007;). Weiterhin führt sie eine vertikale Wanderung abhängig von dem abiotischen Faktor Licht durch. In der Nacht sowie in der Dämmerung kommt *H. anomala* an der Wasseroberfläche vor (Borcherding *et al.*, 2006). Bei Tagesanbruch taucht sie dann in mittlere oder bodennahe Schichten ab und versucht Schutz unter Makrophyten, Steine oder Felsen zu finden (Borcherding *et al.*, 2006; Wittmann, 2007). Dieser ausgeprägte Tag-Nacht-Rhythmus ist auf der einen Seite ein Schutz vor Licht und auf der anderen Seite auch ein Schutz vor Prädatoren. Visuell orientierte Fische können so *H. anomala* in der Nacht nicht jagen (Wittmann, 2007). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine erhöhte Ressourcenverfügbarkeit vorliegt und somit weniger Konkurrenz von anderen Arten herrscht (Horká *et al.*, 2012). Nach Untersuchungen von Horká *et al.* (2012) und Ketelaars *et al.* (1999) sind juvenile Tiere auch am Tag und bei nicht sehr trübem Wasser in den Oberflächenschichten anzutreffen. Grund dafür ist die Kombination aus Kannibalismus von größeren Artgenossen und die nicht so große Gefährdung durch Prädatoren. Weiterhin zeigt *H. anomala* ein sogenanntes Herdenverhalten (Bij de Vaate *et al.*, 2002). Nachts bewegen sich die Tiere individuell und mitunter verlassen sie den Schwarm (Salemaa & Hiethalahti, 1993).

Ernährung

Die Ernährungsweise von *H. anomala* ist omnivor und präferiert demnach keine bestimmte Nahrung (Bij de Vaate *et al.*, 2002; Holdich *et al.*, 2006; Kelleher *et al.*, 1999; Ketelaars *et al.*, 1999; Verslycke *et al.*, 2000; Wittmann, 2002). Borcherding *et al.* (2006) untersuchten den Mageninhalt von dieser Spezies und stellten fest, dass adulte Tiere Zooplankton favorisieren. Zu den hauptsächlichen Zooplankton-Vertretern zählen Copepoden und Cladoceren. Ketelaars *et al.* (1999) berichtete, dass nach Eintreffen von *H. anomala* im Biesbosch Reservoir (Niederlande) die Abundanz von Anomopoda, Ostracoda und Rotifera stark zurückging. Die Copepoden-Dichte war aber nicht sehr beeinflusst (Ketelaars *et al.*, 1999). Juvenile Tiere zeigen eine höhere Präferenz zu Phytoplankton und sind hauptsächlich mikro-herbivor (Borcherding *et al.*, 2006; Wittmann, 2007). Die Untersuchungen von Ketelaars *et al.* (1999) ergaben, dass der

Chlorophyll a Gehalt signifikant niedrig war und dies ebenfalls in Zusammenhang mit der Anwesenheit von *H. anomala* stand. Wittmann (2007) merkte an, dass adulte Tiere sogar Jagd auf kleine Crustaceen, wie *Chelicocorophium curvispinum* (G.O. Sars, 1895), im Rhein-Donau-System machten. Außerdem können sie auch Schwebstoffe fressen (Bij de Vaate *et al.*, 2002).

Reproduktion

Mysidaceen pflanzen sich über die Frühjahrs- und Sommermonate bis in den frühen Herbst fort und überwintern schließlich in tieferen Schichten der Gewässer. Daher werden sie auch als „warmphasen Brüter“ bezeichnet (Borza, 2014; Hanselmann, 2008). Die Temperatur ist der entscheidende Faktor für die Länge des Reproduktionszyklus (Borza, 2014). *H. anomala* pflanzt sich von April bis Oktober fort und kann 14 bis 66 Eier produzieren. Dies ist abhängig von der Größe der Weibchen (Pothoven *et al.*, 2007). Borza (2014) stellte fest, dass die Körpergröße der Weibchen in Korrelation mit ihrer Fruchtbarkeit steht. Die Körpergröße richtet sich dabei nach der Jahreszeit (Borcherding *et al.*, 2006). Im Versuch von Borza (2014) wurde die erste Generation im April geboren und die zweite erst im Juni. Auch Pothoven *et al.* (2007) merkte an, dass *H. anomala* erst nach mehr als 45 Tagen geschlechtsreif ist und mit dem Brüten beginnen kann. In Borzas (2014) Fall produzierte *H. anomala* vier Generationen innerhalb der Sommermonate. Die letzte Generation überwinterte dann schlussendlich, um im darauffolgenden Jahr zu brüten (Borza, 2014). Die Fruchtbarkeit von den Weibchen war im Experiment von Borza (2014) in der Frühjahr/Sommergeneration signifikant geringer als in den Spätsommer/Herbstgenerationen. Dies wurde durch ihre Brutgröße festgestellt. Die Eier sind zwischen 0,40 und 0,60 mm groß. Im Experiment von Borza (2014) waren die Eier in der Überwinterungsgeneration größer als in den darauffolgenden (Borza, 2014). Das Geschlechtsverhältnis innerhalb der Population hält sich bei *H. anomala* die Waage.

Wechselwirkung mit biotischer Umwelt

In einem der oberen Abschnitte wurde bereits erwähnt, dass *H. anomala* einen invasiven Charakter abiotisch zeigt. Biotisch gesehen beeinflusst es durch sein Eindringen in neue Gewässer verschiedene trophische Ebenen. Dick *et al.* (2013) verglichen *H. anomala* mit *Mysis diluviana* (aus Kanada) und *Mysis salemaai* (aus Irland) hinsichtlich ihres Jagd- und Fressverhaltens. Dabei wurde festgestellt, dass sie eine höhere Jagd- und Fressrate als die beiden endemischen Mysidaceen hatte. Dennoch zeigte *H. anomala* teilweise Schwächen bei ihrer Technik, die

Beute zu fangen. Die endemischen Arten hatten dabei einen Vorteil und konnten ihre Beute rascher fassen (Dick *et al.*, 2013). Dies zeigt zum einen, dass *H. anomala* eine Konkurrenz für endemische Arten darstellt. Zum anderen weist es daraufhin, dass endemische Arten trotz allem besser an ihr Habitat angepasst sind und daher Vorteile aufzeigen. In einen der oberen Abschnitte wurde bereits darauf hingewiesen, dass *H. anomala* einen großen Einfluss auf Zooplanktonpopulationen in den Niederlanden hatte (Ketelaars *et al.*, 1999). *H. anomala* war in diesem speziellen Fall ein Topprädator und überraschte die dort endemisch vorkommenden Arten. Diese waren auf einen gefräßigen Jäger nicht vorbereitet und konnten sich demnach nicht schnell genug anpassen. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass endemische Arten durch einen allochthonen Organismus in Mitleidenschaft gezogen werden. Ein anderes Beispiel einer weiteren Wechselwirkung besteht zwischen *Diaphanosoma* und *H. anomala*. Da *H. anomala* Temperaturen über 20 °C vermeidet, kommt es nicht in den oberen Schichten von wärmeren Gewässern vor. Durch die räumliche Trennung zwischen *Diaphanosoma* und *H. anomala* kam es vermutlich zu einer Koexistenz (Pothoven *et al.*, 2007). Durch das Auftreten von *H. anomala* verschwanden auch Prädatoren wie *Leptodora kindtii* und *Bythotrephes longimanus* (Ojaveer *et al.*, 2002).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass *H. anomala* eine euryöke Art ist (Bij de Vaate *et al.*, 2002) und einen hohen Toleranzbereich gegenüber verschiedenen abiotischen und biotischen Faktoren zeigt. Sie wird als potenzieller Eindringling in vielen verschiedenen Gewässern gesehen (Wittmann, 2002). Sie konnte sich innerhalb neuer Habitats etablieren und sich durch seine kurze Regenerationszeit schnell ausbreiten.

3.1.4 Verbreitung

Hemimysis anomala hat sich in den letzten 70 Jahren sehr weit und schnell verbreitet. Heute kommt sie nicht nur in Flusssystemen und Ästuarien Europas, sondern auch in Gewässern Nordamerikas vor.

1907 wurde die Art auf der Landzunge Karsa-Singir (Abb. 6) bei Turkmenistan im Südosten des Kaspischen Meeres von Sars (1983) entdeckt und bestimmt. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet beschränkt sich auf die Küstenregionen des Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meeres (Audzijonyte *et al.*, 2008; Băcescu, 1954; Berenzina *et al.*, 2011; Bij de Vaate *et al.*, 2002). Des Weiteren gehören Flussmündungen wie zum Beispiel der Donau, der Don, der Dnister und der Dnjepr zu ihrem natürlichen Einzugsgebiet (Băcescu, 1954; Bij de Vaate *et al.*, 2002). Die Ausbreitung innerhalb der genannten Flüsse beschränkt sich dabei auf 50 bis 60 km stromaufwärts (Bij de Vaate *et al.*, 2002; Wittmann *et al.*, 1999). In den 1960er Jahren wurde *H. anomala* erstmalig außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in Litauen nachgewiesen (Arbačiauskas, 2002; Gasjunas, 1968). Gasjunas (1968) dokumentierte die Einführung dieser Art im Kaunas Reservoir nahe des Flusses Memel und im Kurischen Haff (Abb. 6). Dieser Nachweis war nicht nur der erste außerhalb der Pontokaspis, sondern auch der erste für küstennahe Flachwasserbereiche der Ostsee. Weiterhin wurde *H. anomala* zu der gleichen Zeit im angrenzenden Kaliningrad im Fluss Deyma sowie ebenfalls im Kurischen Haff gefunden (Gajunas, 1968) (Abb.6). 1968 meldete Mäemets (1968) einen Fund im See Saadjärv (Estland), wobei es sich aber nur um ein einzelnes Tier handelte. In den Folgejahren wurden dort keine weiteren Tiere gesichtet. Nach weiteren 24 Jahren publizierte Salemaa & Hietalahti (1993) das erstmalige Auftreten von *H. anomala* im Finnischen Meeresbusen bei Tvärminne (Abb. 6). In den darauffolgenden Jahren stieß *H. anomala* nun auch in Mittel- und Westeuropa weiter vor. 1997 wurde die Art in Österreich und Deutschland mehrfach gefunden. Wittmann *et al.* (1999) fand zu seinem Überraschen *H. anomala* in der Donau bei Wien und Linz sowie auf deutscher Seite zwischen Geisling und Straubingen (Abb. 6). Ein weiterer Nachweis folgte 1997 für den Rhein bei Koblenz und den Neckar (Schleuter *et al.*, 1999) (Abb. 6). Zeitgleich wies Ketelaars *et al.* (1999) *H. anomala* im Biesbosch Reservoir in den Niederlanden nach. Im darauffolgenden Jahr wurde die Spezies im Stichkanal bei Salzgittern (Abb. 6), einem Seitenarm des Mittellandkanals entdeckt (Eggers *et al.*, 1999). 1999 meldete Kelleher *et al.* (1999), dass sich *H. anomala* nun auch im Rhein bei Nijmegen (Niederlande) befindet (Abb. 6). Im selben Jahr

wurde die Mysidacea ebenfalls in Belgien im „Galgenweel“ (Abb. 6) einem Hafenschnitt in Antwerpen, nachgewiesen (Versylcke *et al.*, 2000). 2001 kam die Spezies nun auch in der Außenweser bei Bremerhaven (Haesloop, 2001) und im Plauer See sowie im Störkanal in Banzkow (Zettler, 2002) vor (Abb. 6.). Rehage & Terluter (2002) veröffentlichten 2002 den ersten Nachweis für *H. anomala* im Mittellandkanal zwischen Recke und Obersteinbeck (Abb. 6). Rudolph & Zettler (2003) dokumentierten *H. anomala* in zwei Seen Brandenburgs, dem Werbellin- und Kalksee. Im selben Jahr wurde die Art in der Danziger Bucht von Janas & Wysocki (2005) entdeckt. Folgend meldeten Lundberg & Svensson (2004) das erstmalige Vorkommen von *H. anomala* in der nördlichen Ostsee bei Stockholm (Abb. 6). Zeitgleich wies Horecký *et al.* (2005) die Art in der Elbe (bei Hřensko) nahe der deutschen Grenze nach. 2004 wurde *H. anomala* in der Oder nördlich von Frankfurt Oder (Müller *et al.*, 2005) und in der Trent bei Nottingham (Großbritannien) (Holdich *et al.*, 2006) erstmalig festgestellt (Abb. 6). Im darauffolgenden Jahr wies Zettler (2005) die Art in der Havel bei Bahnitz sowie im Stettiner Haff nach (Abb. 6). Wittmann führte im selben Jahr eine Beprobung der Donau und des Rheins durch. Dabei fand er in der Donau Tiere erstmalig für die Slowakei, Ungarn, Kroatien und Serbien (Wittmann, 2007) (Abb. 6). Weiterhin wies er *H. anomala* zum ersten Mal in der Schweiz bei Basel nach (Wittmann, 2007) (Abb. 6). 2006 wurde die Art erstmals in den USA im Lake Michigan entdeckt (Pothoven *et al.*, 2007). Im darauffolgenden Jahr meldete auch Kanada im St. Lawrence die allochthone Spezies (Kestrup & Ricciardi, 2008). Im selben Jahr wurde *H. anomala* auch in Frankreich (Abb. 6) bis zur Mittelmeerküste nachgewiesen (Wittmann & Ariani, 2008). In Irland wurde die Art schließlich 2008 im See Lough Derg entdeckt (Minchin & Holmes, 2008) (Abb. 6). Zuletzt trat *H. anomala* im Rigaer Meererbusen 2009 (Kotta & Kotta, 2010) auf.

Über den Verbreitungsweg von *Hemimysis anomala* sind sich Wissenschaftler heute noch unklar. Die Gründe, wie es zu dieser enormen und rasanten Ausbreitung kam, werden in der nachfolgenden Diskussion erläutert und Vergleiche zu den in dieser Arbeit ebenso untersuchten Arten gezogen. Die folgende Karte stellt jeden der oben beschriebenen Erstnachweise mit Jahreszahlen noch einmal grafisch dar. Die dazugehörige Tabelle befindet sich im Anhang I.

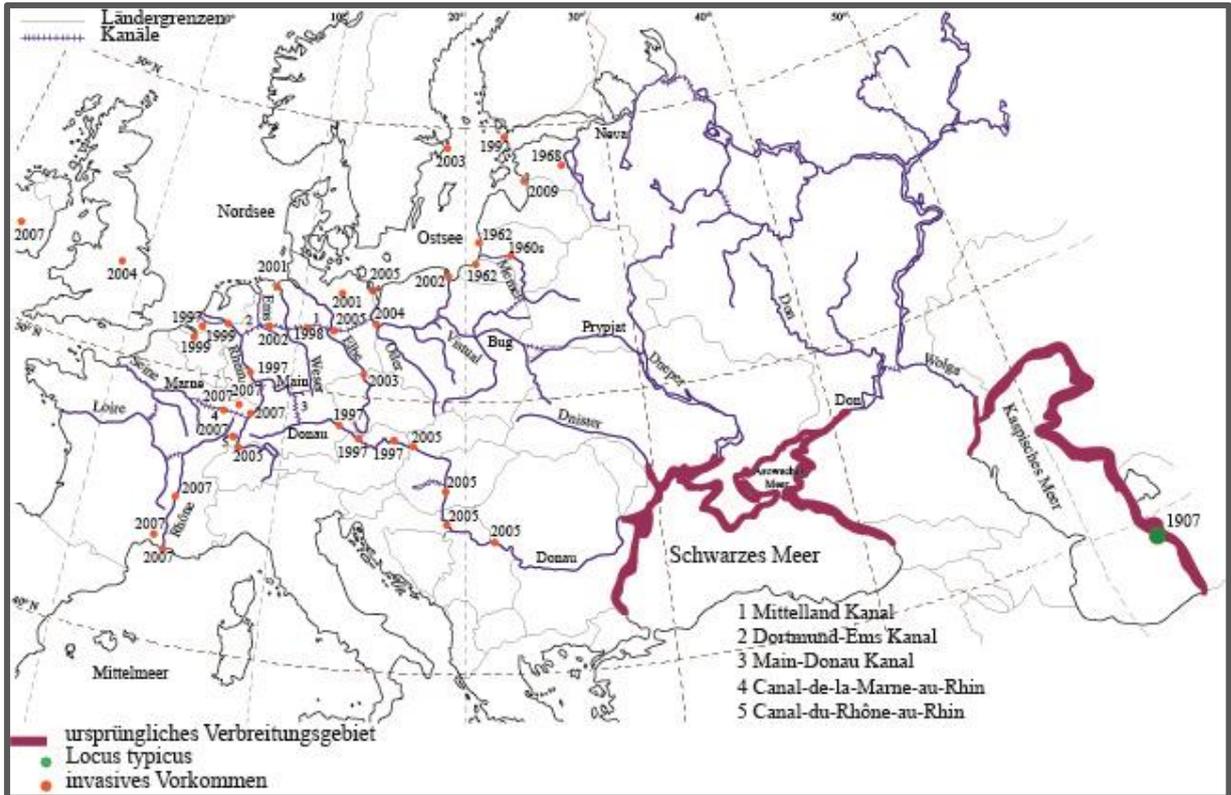


Abbildung 6: *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 – Verbreitungsweg aus Pontokaspis nach West- und Nordeuropa – erstellt von: H. Roth (2015)

3.2 *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882

3.2.1 Taxonomie und Systematik

Deutscher Name: Donau-Schwebearnele

Locus typicus: Beresan – Liman bei Oczaków, Ukraine

Etymologie: Der Gattungsname *Limnomysis* bezieht sich auf der einen Seite auf den Gattungsnamen *Mysis* und auf der anderen Seite auf das griechische Wort *limne*, was so viel wie „See“ bedeutet. Der Artnamen *benedeni* ist abgeleitet von dem Wissenschaftler Ph. van Beneden (Czerniavsky, 1882).

Synonyme: *Limnomysis schmankewiczii* Czerniavsky, 1882

Limnomysis brandti Czerniavsky, 1882

Onichomysis mingrellica Czerniavsky, 1882

Mysidella bulgarica Valkanov, 1936



Abbildung 7: *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 – Habitus ♀ lateral rechts. (Kurisches Haff, Klaipeda (Stn. 1) Litauen; 55,561217° N; 21,15435° E; 03. September 2004; leg./det. M. L. Zettler) – Foto: H. Roth (2015)

Limnomysis benedeni wurde erstmals 1882 von Czerniavsky beschrieben. Diese Art gehört der Gattung *Limnomysis* an, welche nach Czerniavsky zwei weitere Arten beinhaltet. Weiterhin führte Czerniavsky drei verschiedene Formen von *L. benedeni* ein. Die Namen dieser lauten forma estuarica, forma intermedia und var. similis. 1893 vermerkte Sars, dass es sich bei den von Czerniavsky beschriebenen Arten *L. benedeni* und *L. schwankewiczi* um das Weibchen und Männchen derselben Art handelt.



Abbildung 8: *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 – Habitus ♂ lateral rechts. (Kurisches Haff, Klaipeda (Stn. 1) Litauen; 55,561217° N; 21,15435° E; 03. September 2004; leg./det. M. L. Zettler) – Foto: H. Roth (2015)

.2.2 Morphologie

Die morphologische Beschreibung richtet sich nach dem Bestimmungsschlüssel von Băcescu (1954) und der Publikation von Birstein (1968) und Czerniavsky (1882). Weiterhin wurde für die korrekte Bezeichnung der Körperteile und –strukturen der Bestimmungsschlüssel von Köhn & Gosselck (1989) genutzt.

Limnomysis benedeni ist eine schmale und zierlich wirkende Mysidacea. Das Abdomen ist lateral schmaler und wird apikal breiter (Abb. 11). Das letzte abdominale Segment ist verhältnismäßig länger als die anderen fünf Abdominalsomiten.

Die **Größe** der Tiere liegt zwischen 8 und 9 mm und stimmt mit den Angaben von Băcescu (1954) und Czerniavsky (1882) überein. Laut Birstein (1968) ist *L. benedeni* zwischen 7 und 14 mm groß.

L. benedeni ist dunkelbraun gefärbt und das Marsupium schwangerer Weibchen erscheint schwarz (Băcescu, 1954). In Abbildung 7 und 8 wird ersichtlich, dass die Tiere keine dunkelbraune Farbe zeigen. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Art seit elf Jahren in Ethanol eingelegt ist und sich deshalb entfärbt hat.

Die **Augen** haben einen langen Schaft, wodurch sie eine stielaugenförmige Struktur bekommen (Abb. 11). Außerdem stehen sie weit auseinander und ragen über das Rostrum und die Antennenschuppe hinaus.

Der **Carapax** ist bescheiden und relativ kurz (Abb. 11). Das **Rostrum** besitzt eine fünfkantige Form, wobei der Apex leicht abgerundet ist. Auffallend bei *L. benedeni* ist das gut strukturierte **Cephalon**, welches verhältnismäßig klein wirkt.

Die **erste Antenne** liegt oberhalb am Cephalon und ist dabei in zwei Geißeln gegliedert. Die innere Geißel ist wesentlich kürzer als die äußere und nur auf der Innenseite leicht mit glatten Borsten, wie auch die äußere, behaart.

Der Pedunculus ist in drei Segmente unterteilt, wobei der unterste Abschnitt längenmäßig am Größten ist. Am obersten Segment des Pedunculus befindet sich eine kurze Nebengeißel, welche ringsum dünne, etwas länglichere, glatte Borsten besitzt (Abb. 9).

Die **zweite Antenne** ist unterteilt in eine **Antennenschuppe** und eine lange Geißel, welche die Länge der äußeren Geißel der ersten Antenne einnimmt. Auch die unterhalb der Antennenschuppe entspringende Geißel besitzt eine leichte Behaarung glatter Borsten an der Innenseite. Die Antennenschuppe ist schmal, langgestreckt, speerförmig und entlang des Umrisses komplett gefiedert (Abb. 9). Außerdem ist sie länger als der Pedunculus der ersten Antenne.

Der **Mandibularpalpus** ist in drei Segmente unterteilt, wobei das letzte Segment abgeklappt ist. Weiterhin besitzt der letzte Abschnitt eine Vielzahl an Fiederborsten (Abb. 9). Die Äußerste erscheint dabei länger und prägnanter.

In Abbildung 9 ist die **Maxille** mit **Maxilliped** dargestellt. Der Maxilliped ist in zwei Segmente gegliedert, wobei das letzte Segment doppelt so lang ist wie das untere Segment. Des Weiteren ist der Apex, welcher abgerundet ist und gezackt verläuft, gefiedert. Am basalen Bereich liegen vier unterschiedlich große Lippen vor, welche an den Außenrändern Fiederborsten zeigen. Zusätzlich befindet sich noch ein Anhang an der Maxille, welcher auch Fiederborsten aufweist.

Wie bei allen Mysidaceen, weist auch *L. benedeni* am Thorax acht **Pereiopodenpaare** auf. Diese gliedern sich in Exo- und Endopoditen (Abb. 9 und 11). Der Exopodit ist meist in Richtung des Carapaxes gebogen und besitzt an der Innenseite an jedem Segment Fiederborsten. Der Endopodit ist mehrfach segmentiert und mit glatten kurzen Borsten ausgestattet.

Die am Pleon vorkommenden **Pleopodenpaare** stellen auch bei dieser Spezies die morphologischen Geschlechtsunterschiede dar. Weibchen haben an jedem Abdominalensomiten morphologisch gleich gebaute Schwimmbeine, welche kurz und leicht dreikantig sind. Fiederborsten kommen dabei nur am Apex, welcher abgerundet ist, sowie an den Seitenrändern vereinzelt vor. Männchen haben vier verschiedene Formen von Schwimmbeinen. Am ersten, zweiten und fünften Abdominalensomit befinden sich morphologisch gleiche Pleopoden wie die der Weibchen. Das dritte Pleomer besitzt speerförmige und längliche Pleopoden, welche nur einseitig Fiederborsten aufweisen. Das vierte Schwimmbeinpaar ist, im Gegensatz zu den schon erwähnten, stark vergrößert und reicht bis zur Hälfte des sechsten abdominalen Segments. Des Weiteren

ist es auf der Innenseite grob gezackt und besitzt am Ende des ersten Segmentes eine kurze Nebengeißel, welche zweifach verzweigt ist und terminal Fiederborsten besitzt. In Abbildung 10 sind die beschriebenen Pleopoden im Detail sowie an einem Abdomen eines Männchens gezeigt.

Der **Uropod** ist in Exo- und Endopodit unterteilt, welche zusammen eine schwanzfächerartige Struktur bilden. Beide sind außerdem mit Fiederborsten ausgestattet. Der Endopodit ist charakterisiert durch eine kleine Statozyste, welche von einer birnenförmigen Pigmentierung umgeben ist (Abb. 10).

Das **Telson** von *L. benedeni* ist verhältnismäßig kurz und basal ziemlich breit. Charakterisiert ist es durch seine dreiecksartige Form, wobei an den Seitenrändern je neun Dornen sitzen. Am untersten Rand ist das Telson ellipsenförmig und grob gezackt. An den terminalen Seitenkanten befindet sich jeweils eine längere Dorne (Abb. 10).

Abbildung 11 stellt ein Männchen in Dorsalansicht und ein Weibchen in Lateralansicht dar.

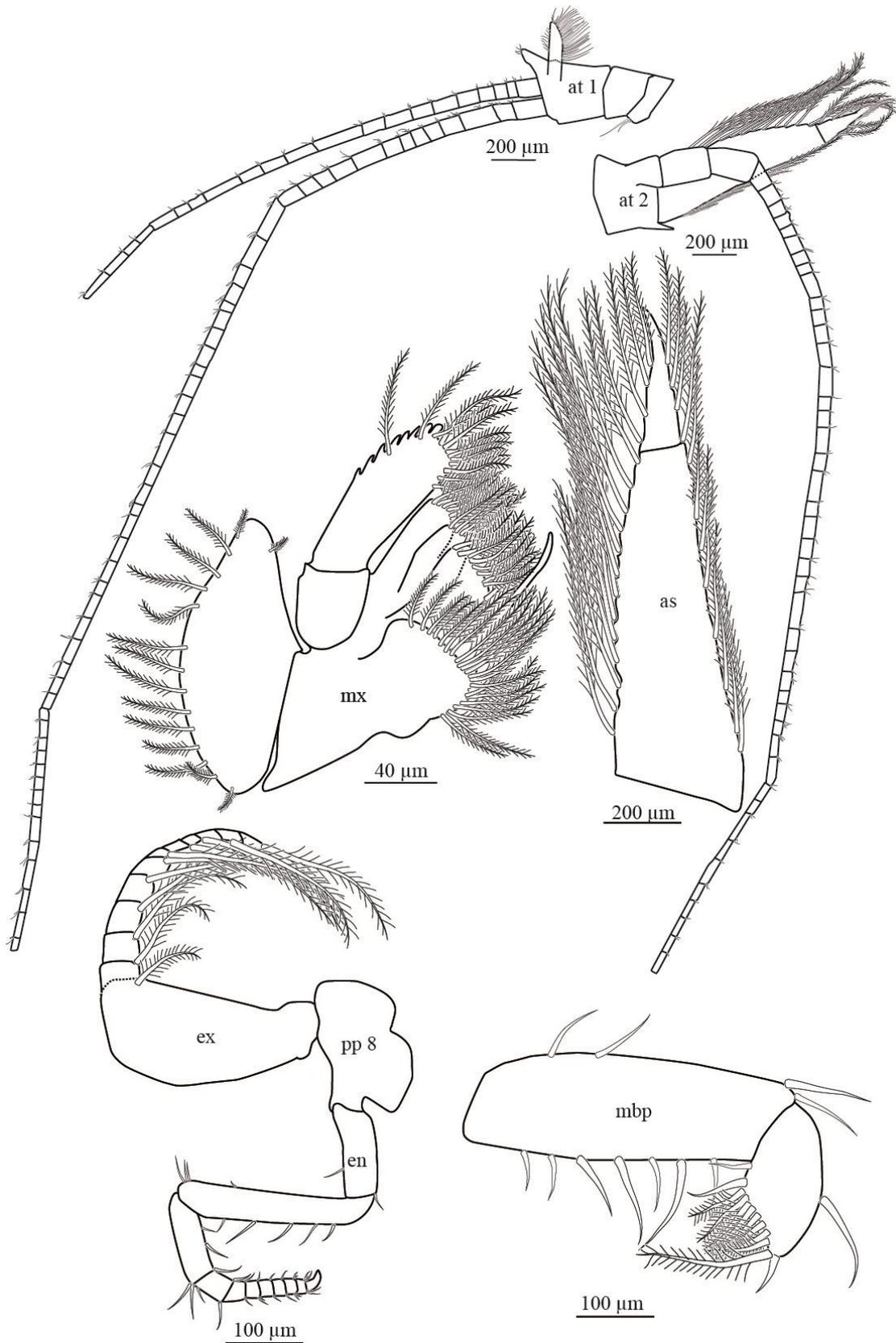


Abbildung 9: *Limnomysis benedeni* Czernviasky, 1882 – Tafel 1 vordere Extremitäten: at 1 – 1. Antenne; at 2 – 2. Antenne; as – Antennenschuppe; mbp – Mandibularpalpus; mx – Maxille mit Maxilliped; pp – Pereopod ; ex – Exopodit; en – Endopodit (Kurisches Haff, Klaipeda (Stn. 1) Litauen; 55,561217° N; 21,15435° E; 08. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

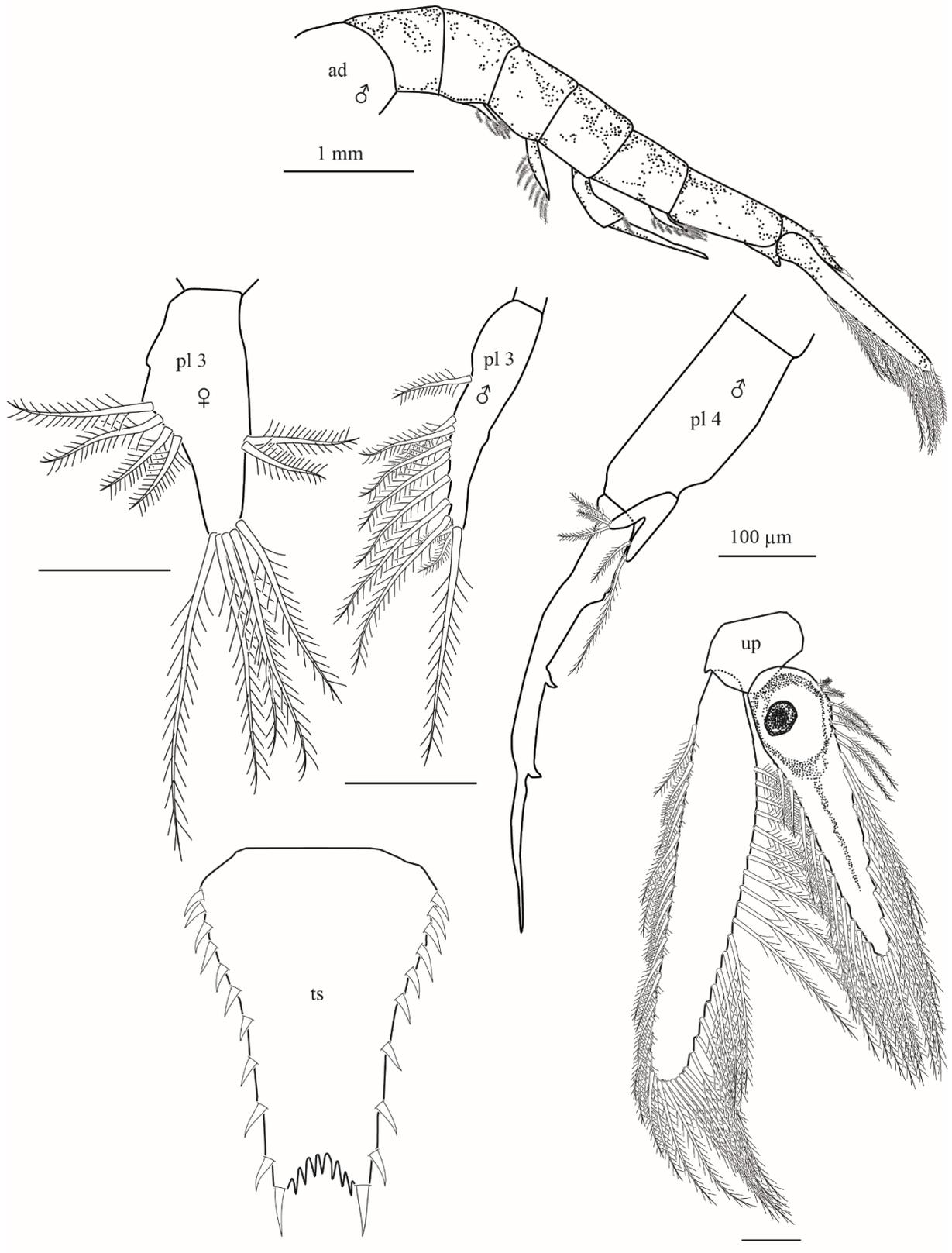


Abbildung 10: *Limnomysis benedeni* Czernviasky, 1882 – Tafel 2 hintere Extremitäten mit einem Maßstab von 200 µm: ad – Abdomen, pl – Pleopod, ts – Telson, up – Uropod (Kurisches Haff, Klaipeda (Stn. 1) Litauen; 55,561217° N; 21,15435° E; 08. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

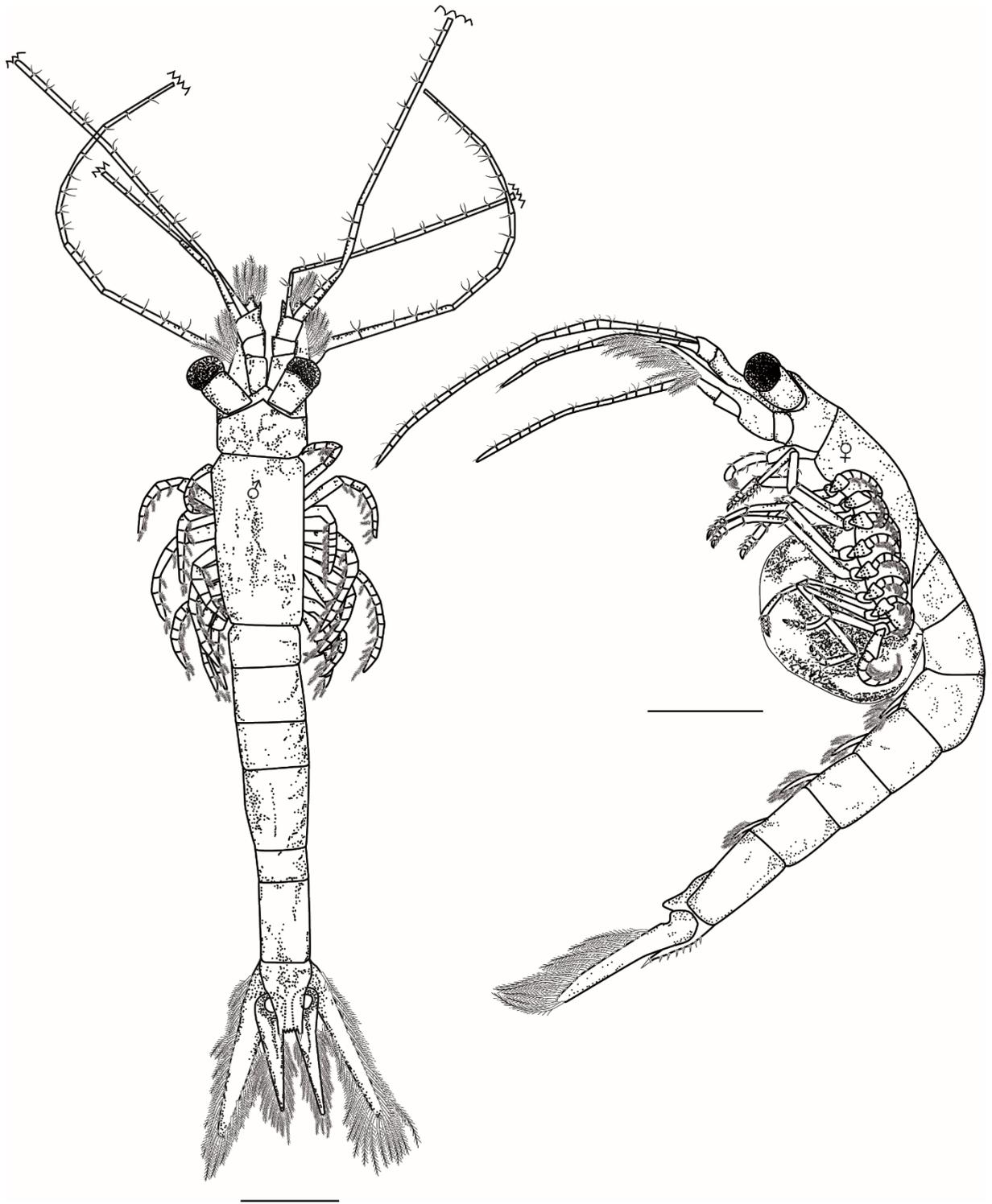


Abbildung 11: *Limnomysis benedeni* Czernviasky, 1882 – Tafel 3 Habitus mit dem Maßstab 1 mm (Kurisches Haff, Klaipeda (Stn. 1) Litauen; 55,561217° N; 21,15435° E; 08. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

3.2.3 Ökologie

Habitat in Verbindung mit autökologischen Parametern

Limnomysis benedeni lebt in der Litoralzone von Flüssen, Seen und Meeren (Michels, 2005). Dabei favorisiert sie Stillgewässer, da sie Wasserströmungen bis maximal 0,5 m/s stand hält (Wittmann, 1995). Das Habitat von *L. benedeni* durch Hartsubstrat wie Felsen und Steinbrocke, aber auch durch dichte Ufervegetation wie Baumwurzeln, Altholz sowie submerse Vegetation charakterisiert (Wittmann, 1995). In Untersuchungen von Wittmann (2007) wurde die Spezies an feinen filiformen Grünalgen sowie feinen Wurzelgeflechten von *Salix* gefunden. Außerdem bevorzugt sie strukturierte Habitate wie Characeen (Gergs *et al.*, 2008) Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet von *L. benedeni* bezieht sich auf Flachwasserzonen und Flussmündungen bis maximal 100 km stromaufwärts der Pontokaspis (Băcescu, 1954). Die Gewässer, wo *L. benedeni* vorrangig vorkommt, sind gekennzeichnet durch einen pH von 5,54 bis 9,57 und einer Temperatur von 0 bis 31 °C (Semenchenko *et al.*, 2007; Wittmann, 2007). Weiterhin sollte das Gewässer eine temporäre Härte von 3 bis 30 °d und einer Trübheit von 1 bis maximal 247 NTU aufweisen (Wittmann, 2007). *L. benedeni* wurde in Tiefe von 0 bis 10 m (Wittmann, 2007) gefunden und ist ein oxyphiler Organismus (Arbačiauskas, 2002). Oxyphil bedeutet, dass diese Spezies einen breiten Toleranzbereich gegenüber dem Sauerstoffgehalt in Gewässern besitzt. Gewässer mit einem Sauerstoffgehalt von 3,57 bis 18,10 mg/l sind optimal für diese Art (Semenchenko *et al.*, 2007, Wittmann 2007). Des Weiteren weist *L. benedeni* einen höheren Dominanzgrad in elektrolytreichen Wasser als in Süßwasser auf (Wittmann, 1995). Die Leitfähigkeit des Wassers sollte 195 bis 22300 µS/cm betragen (Wittmann, 2007). *L. benedeni* weist einen breiten Toleranzbereich von 0,0 bis 14,0 PSU für den Salzgehalt in Gewässern auf und wird daher als euryhalin bezeichnet (Wittmann, 2007). Infolge eines Experimentes von Ovčarenko *et al.* (2006) stellte sich heraus, dass sie auch noch bei einem Salzgehalt von 19 bis 23 PSU vorkommen können.

Lebens- und Ernährungsweise

Limnomysis benedeni lebt benthopelagisch, das heißt sie kann sich sowohl im Pelagial als auch am Benthos aufhalten (Hanselmann, 2008). Weiterhin bewegt sie sich aktiv schwimmend vor-

wärts und steigt nur wenig in der Wassersäule auf (Hanselmann, 2008). In Fließgewässern bilden sie keine Schwärme aus (Hanselmann, 2008). *L. benedeni* ist bekannt als omnivor, wobei sie sich hauptsächlich herbivor ernährt (Gergs *et al.*, 2008; Wittmann, 2002). Sie zeigt weiterhin nur eine marginale Bedeutung im Nahrungsgefüge als andere Mysidacea wie *Mysis relicta* oder *Hemimysis anomala* (Wittmann, 2002). Gergs *et al.* (2008) hatten in Folge von Laborversuchen herausgefunden, dass *L. benedeni* Detritus, Phytoplankton und Epilthon bevorzugt. Des Weiteren frisst die Spezies filtrierend und zieht sich dabei zusammen (Gergs *et al.*, 2008). Im Frühjahr frisst *L. benedeni* laut den Versuchen von Gergs *et al.* (2008) hauptsächlich Phytoplankton.

Reproduktion

Limnomysis benedeni pflanzt sich genau wie *Hemimysis anomala* über die Frühjahrs- und Sommermonate fort und gehört somit zu den „warmphasen Brütern“ (Borza, 2014; Hanselmann, 2008). Weiterhin reproduzieren sie sich von März bis November (Kellerher *et al.*, 1999; Hanselmann *et al.*, 2011), wobei der Reproduktionszyklus an die Temperatur gekoppelt ist (Borza, 2014). Die Körpergröße korreliert ebenso mit der Temperatur und den Jahreszeiten. Daher spricht man auch von einem saisonalen Lebenszyklus (Hanselmann *et al.*, 2011). Über die Wintermonate tauchen die Tiere in tiefere Wasserschichten ab und investieren ihre komplette Energie in ihr Wachstum (Hanselmann *et al.*, 2011). Weiterhin verzögert sich der Beginn der Reproduktion meist bis April, wobei die Populationen hauptsächlich aus fertilen Tieren besteht (Hanselmann *et al.*, 2011). Im Versuch von Borza (2014) und den Beobachtungen von Hanselmann *et al.* (2011) stellte sich heraus, dass die längsten Tiere im Spätfrühjahr und Frühsommer vorhanden waren. Gegen Ende der Saison waren die Tiere wesentlich kleiner als zu Beginn. Gründe für den Rückgang der Körpergröße könnten laut Hanselmann *et al.* (2011) Schutz vor Prädation sowie eine Reaktion auf den Verlust von Metaboliten, welcher infolge hoher Temperaturen entsteht, sein. Weiterhin wurde herausgefunden, dass *L. benedeni* sechs Wochen benötigt, um fertil zu sein (Borza, 2014) und die Population während der Sommermonate von Juvenilen dominiert wird (Hanselmann *et al.* 2011). Vier Generationen entwickelten sich über die Sommermonate und eine Generation im September, welches die Überwinterungsgeneration darstellte (Borza, 2014). Die Fruchtbarkeit korreliert ebenfalls mit der Körpergröße der Weibchen (Borza, 2014; Kelleher *et al.*, 1999). Weiterhin können Weibchen zwischen 14 bis zu 40 Eier in ihrem Marsupium produzieren (Kelleher *et al.*, 1999). Im Laborversuch von Borza (2014) war die Brutgröße der Überwinterungsgeneration am größten und sank mit der Zeit. Die

Eier waren 0,40 bis 0,60 mm groß und unterschieden sich in der Überwinterungsgeneration von den darauffolgenden (Borza, 2014). Weiterhin ist die Ei Größe abhängig von der Dottermenge, welche die Weibchen in Folge ihrer Ernährung bilden (Hanselmann, 2008). Infolge eines Mesokosmos-Experimentes stellte sich heraus, dass durch Prädation große Mysidaceen gefressen wurden und es dadurch zu der oben genannten Dominanz von Juvenilen kommt (Hanselmann *et al.*, 2011). Im Geschlechterverhältnis waren mehr Weibchen als Männchen vorhanden. Grund dafür war die hohe Mortalität der Männchen kurz nach der Befruchtung der Weibchen (Borza, 2014). Durch eine geringere Brutgröße pflanzten sich die Tiere schneller wieder fort. Muttertiere erkennen ihre Larven anhand chemosensorischer oder taktilen Signalen (Hanselmann, 2008).

Bis heute liegen keine Informationen vor, dass diese Art bestimmte biotische Wechselwirkungen zeigt. Lediglich die Tatsache, dass sie als gutes Fischnahrungsmittel dient, wurde bestätigt.

Euryöke Arten wie *L. benedeni* zeigen, dass sie sich durch ihre Fähigkeiten der Anpassung an abiotische Gegebenheiten in Fließ- und Stillgewässern Europas etablieren konnte. Durch ihre fortschreitende Ausbreitung bleibt abzuwarten, welchen Einfluss sie auf das Nahrungsgefüge ausüben wird. Dies obliegt aber noch weiteren Untersuchungen.

3.2.4 Verbreitung

Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet von *Limnomysis benedeni* verläuft entlang der Küsten des Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meeres (Băcescu, 1954; Berenzina *et al.*, 2011; Bij de Vaate *et al.*, 2002). Des Weiteren kommt sie bis zu 100 km stromaufwärts in Flussmündungen des oben genannten Gebietes vor (Wittmann, 1995). Czerniavsky entdeckte die „Schwebgarnele“ 1882 im Beresan-Liman bei Oczaków (Ukraine) im Nordosten des Schwarzen Meeres.

Im Jahre 1946 wurde *L. benedeni* erstmals außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes in der Donau bei Budapest gefunden (Dudich, 1947) (Abb. 12). Ein paar Jahre später wurde die Art auch im Balaton (Ungarn) entdeckt (Woynáovich, 1955) (Abb. 12). In den 1960er Jahren erfolgte dann eine weite Einführung der Art in Osteuropa. Dabei etablierte sie sich in mehreren Gewässern Litauens, wie zum Beispiel dem Kaunus Reservoir, der Memel, dem Elektrenal Reservoir, dem Simnas und der Daugai (Gasjunas, 1968). Weiterhin dokumentierte Gasjunas (1968) *L. benedeni* im Kurischen Haff (Abb. 12). 1973 wurde die Spezies in der Donau bei Wien (Abb. 12) erstmals festgestellt (Weish & Türkay, 1975). Die Art wurde ebenfalls im Aral See bei Kasachstan und Usbekistan von Mordukhai-Boltovskoi 1979 dokumentiert (Wittmann, 2007). Jahre später wies Tapacob (1995) *L. benedeni* im Ural (Russland) nach. Zwei Jahre danach entdecken Geissen (1997) sowie Reinhold & Tittizer (1998) die Art zum ersten Mal in Deutschland, einerseits im Rhein bei Koblenz und andererseits im Main-Donau-Kanal (Abb. 12). In den Niederlanden stellte Kelleher *et al.* (1999) *L. benedeni* im Rhein bei Nijmegen fest (Abb. 12). Einige Zeit später erreichte die Art die untere Oder bei Gartz (Michels, 2005). Wittmann (2007) entdeckte die Spezies 2005 an vielen verschiedenen Stellen Europas, wie dem Mittellandkanal, dem Dortmund-Ems-Kanal, der Drau (Kroatien), der Tisa (Serbien) und dem Rhein bei Basel (Schweiz) (Abb. 12). Im darauffolgendem Jahr erreichte die Art schließlich den Bodensee (Gergs *et al.*, 2008). In Weißrussland wurde *L. benedeni* kurze Zeit später im Fluss Prypjat erstmals entdeckt (Semenchenko *et al.*, 2007) (Abb. 12). Im selben Jahr führte Wittmann & Ariani (2008) eine Beprobung innerhalb Frankreichs durch, wobei sie *L. benedeni* in der Mosel, dem Canal-du-Rhône-au-Rhin und dem Rhein bei Straßburg gefunden hatten (Abb. 12). Zuletzt wurde die Art einmal 2010 im Stettiner Haff (Zettler, 2015) und zum anderen 2012 im Kummerower See (Mecklenburg-Vorpommerns) nachgewiesen (Zettler, 2012).

Limnomysis benedeni hat sich seit dem frühen 20. Jahrhundert bis heute beachtlich verbreitet. Dennoch ist noch nicht genau untersucht, wie diese Expansion zustande kam. In der später folgenden Diskussion werden potentielle Gründe für die Ausbreitung dieser Art verdeutlicht und Vergleiche zu den anderen in dieser Arbeit untersuchten Arten gezogen.

Die unten abgebildete Karte stellt die oben genannten Inhalte grafisch dar. Die dazu gehörige Tabelle befindet sich in Anhang I.

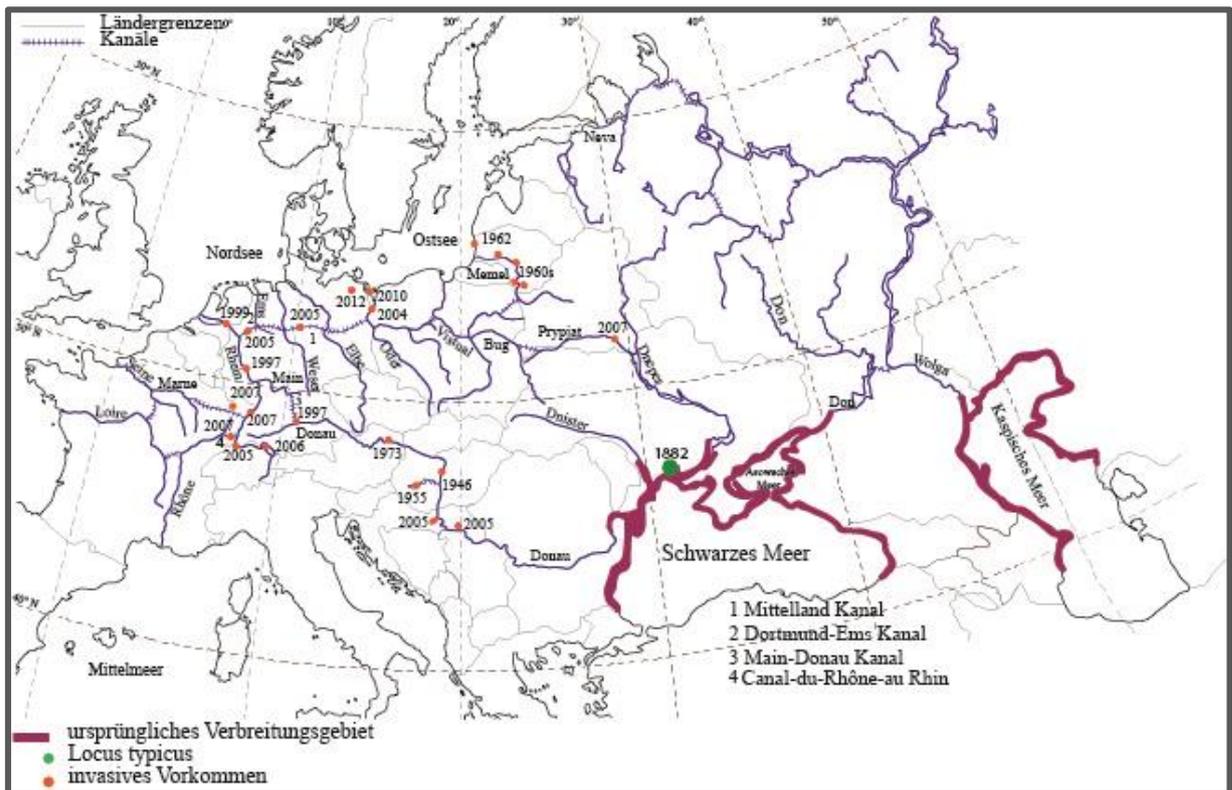


Abbildung 12: *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 – Verbreitungsweg aus Pontokaspis nach West – und Nordeuropa – erstellt von: H. Roth (2015)

3.3 *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882)

3.3.1 Taxonomie und Systematik

Locus typicus: Abrau See bei Novorossiysk, Russland

Etymologie: Der Gattungsname *Paramysis* setzt sich einerseits aus *para*, einem griechischen Wort, was so viel wie „nah“ oder „neben“ bedeutet und andererseits aus dem Gattungsnamen *Mysis* zusammen. Die Bezeichnung *lacustris* bezieht sich auf das lateinische Wort *lacus*, was übersetzt See, Teich oder auch Flussbett heißen kann.

Synonyme: *Mesomysis lacustris* Czerniavsky, 1882

Paramysis (Mesomysis) lacustris Birstein, 1968

Paramysis lacustris Băcescu, 1954

Paramysis (Serrapalpis) lacustris Daneliya 2004.



Abbildung 13: *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) – Habitus ♀ lateral rechts (Kurisches Haff, Upaitis, Litauen; 55,351233° N; 21,246183° E; 17. September 2004; leg./det. M. L. Zettler – Foto: H. Roth (2015))

Paramysis lacustris wurde 1882 erstmals unter dem Namen *Mesomysis lacustris* von Czerniavsky beschrieben.



Abbildung 14: *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) – Habitus ♂ lateral rechts (Kurisches Haff, Upaitis, Litauen; 55,351233° N; 21,246183° E; 17. September 2004; leg./det. M. L. Zettler – Foto: H. Roth (2015))

3.3.2 Morphologie

Charakteristika des morphologischen Aufbaues beruhen auf Publikationen von Băcescu (1954), Czerniavky (1882) und Köhn & Gosselck (1989) sowie auf eigenen Beobachtungen.

Paramysis lacustris ist eine schlanke und länglich gebaute Mysidacea (Czerniavsky, 1882). Dabei wird das Abdomen in Richtung des Schwanzfächers allmählich schmaler (Czerniavsky, 1882). Diese Spezies besitzt einen mit einer aderförmigen Pigmentierung übersäten und transparenten Körper (Köhn & Gosselck, 1989). Auffällig ist die Pigmentierung am Pleon des Tieres. Die Abdominalsomiten eins bis fünf zeigen am unteren Rand einen hervorstechenden, kleinen Punkt, welcher nur bei diesen Segmenten auffindbar ist. (Abb.13 und 14).

Paramysis lacustris ist nach eigenen Messungen zwischen 10 bis 14 mm groß. Laut Komarova (1991) sind Weibchen mit einer Länge von 10 bis 16 mm größer als die Männchen, welche nur 7 bis 9 mm groß sind. Außerdem merkte Birstein (1968) an, dass die Tiere zwischen 10 und 25 mm lang werden können.

Die **Augen** sind groß, breit und haben eine rundliche Form. Czerniavsky (1882), Băcescu (1954) sowie Köhn & Gosselck (1989) beschreiben die Augenform als birnenähnlich. Weiterhin überlagern sie den Pedunculus von der ersten Antenne (Abb. 15).

Der **Carapax** von *P. lacustris* ist verhältnismäßig kurz und breit. Außerdem ist er am unteren Rand abgerundet und transparent. Das Rostrum besitzt eine fünfeckige Form, wobei der Apex abgerundet ist (Abb. 17).

Die **erste Antenne** (Abb. 15) weist einen dreifach segmentierten Pedunculus auf und befindet sich oberhalb am Cephalon. Dabei ist das unterste Segment verhältnismäßig doppelt so lang wie die anderen beiden. Weiterhin ist die erste Antenne zweifach verzweigt und die Geißeln kaum behaart. Die äußere Geißel ist doppelt so lang wie die innere. An der Rückseite des Pedunculus gelegen befindet sich eine verlängerte Nebengeißel. Diese ist mit langen Borsten behaart und ungefähr ein Drittel so lang wie die innere Geißel.

Die **zweite Antenne** (Abb. 15) ist in eine Antennenschuppe und einen Zweig, welcher so lang wie die äußere Geißel von der ersten Antenne ist, gegliedert. Die **Antennenschuppe** hat eine ellipsenförmige Gestalt und besitzt, außer dem äußeren geraden Rand, welcher in einem Dorn endet, Fiederborsten (Czerniavsky, 1882; Köhn & Gosselck, 1989). Außerdem hat die in Abbildung 15 dargestellte Antennenschuppe eine abgerundete Spitze und ist geringfügig länger als der Pedunculus der ersten Antenne.

Der **Mandibularpalus** von *P. lacustris* ist aus drei Segmenten aufgebaut, wobei das letzte Glied an der Unterseite Fiederborsten sowie auch glatte Borsten aufweist. Das mittlere Segment besitzt lediglich an der Unterseite mehrere glatte Borsten, wohingegen die Oberseite keine Behaarung hat (Abb. 15). Weiterhin ist das zweite Glied lang und proximal stark vergrößert (Czerniavsky 1882)

L. benedeni besitzt, wie alle Mysidaceen, acht **Pereiopodenpaare** (Abb. 15). Diese gliedern sich in Exo- und Endopodit, welche die gleiche Länge zeigen. Der Exopodit ist meist gebogen, segmentiert, sukzessiv spitz zulaufend und an der Innenseite gefiedert. Der Endopodit ist ebenfalls segmentiert und besitzt lange glatte Borsten und an der Spitze vereinzelte Fiederborsten.

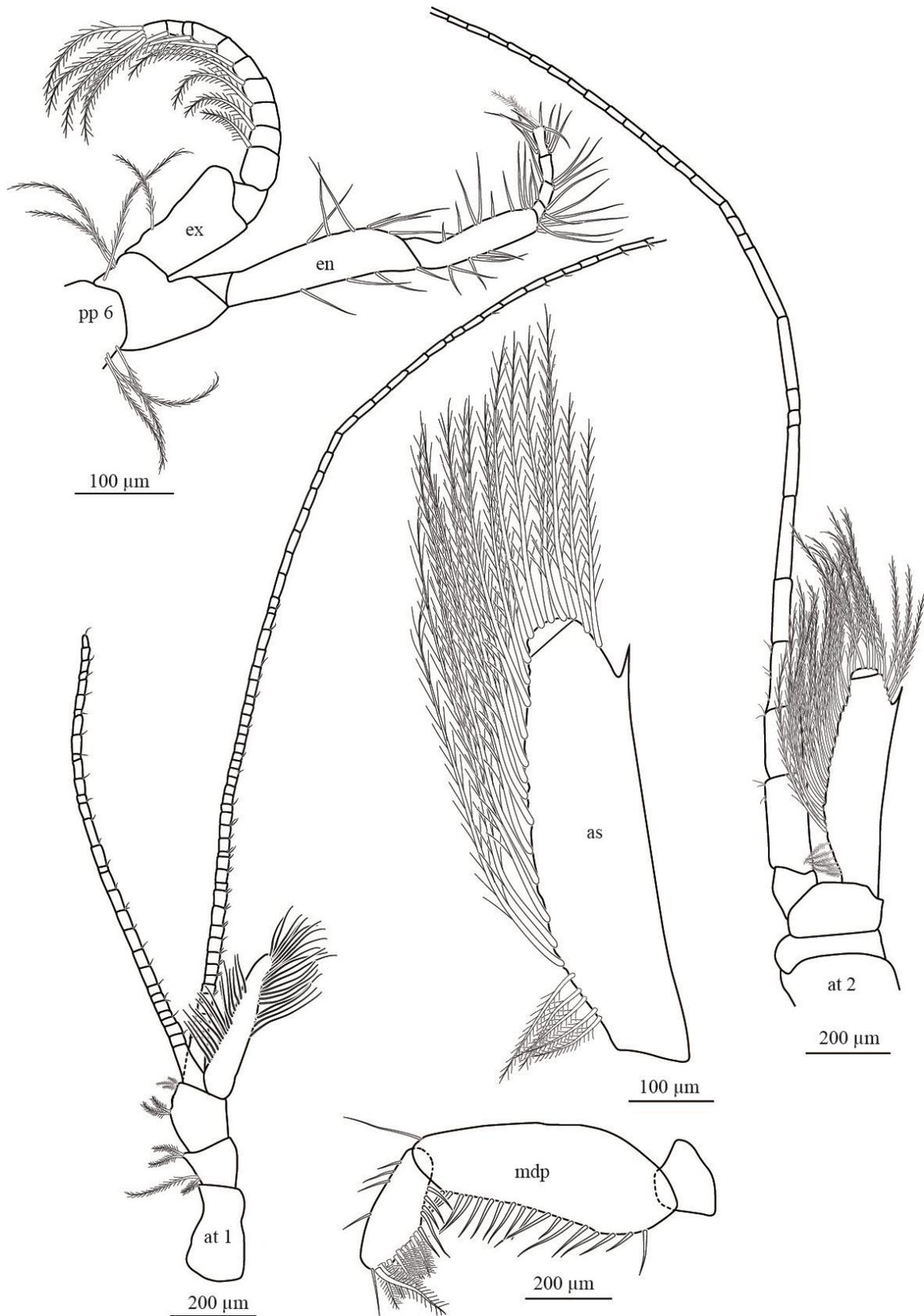
Am Pleon der Spezies werden die Geschlechtsunterschiede zwischen Männchen und Weibchen deutlich. Weibchen besitzen vom ersten bis fünften Abdominalsomiten gleich gebaute **Pleopodenpaare**, welche klein, länglich und komplett befiedert sind.

Männliche Tiere haben im Gegensatz dazu vier verschiedene Paare von Schwimmbeinen. Am Abdominalsomiten eins und zwei befinden sich morphologisch gleich gebaute Pleopoden, wie sie auch die Weibchen besitzen. Das dritte Pleopodenpaar ist länger als die anderen beiden und an der Basis stark vergrößert. Folgend verzweigt es sich in zwei kleine kürzere Äste, wobei der innen liegende Ast ein wenig länger ist und Fiederborsten aufweist. Am vierten abdominalen Segment befindet sich ein stark verlängertes Pleopodenpaar, welches fast bis zum Ende des Schwanzfächers des Abdomens reicht. Weiterhin sind diese Pleopoden am letzten Drittel verzweigt und weisen terminal eine leichte Behaarung auf. Das fünfte Pleopodenpaar ist das längen- und größenmäßig kleinste. Es ist länglich, ringsum gefiedert und hat eine dreieckige Form. Alle Schwimmbeine sind in Abbildung 16 im Detail sowie wie in Verbindung mit dem Abdomen eines männlichen Tieres dargestellt.

Der **Uropod** von *P. lacustris* ist in zwei Glieder unterteilt, einen Exo- und einen Endopoditen. Beide Glieder sind um den gesamten Umriss gefiedert, wobei der Exopodit länger als der Endopodit ist. Der Endopodit besitzt eine Statozyste, welche sich im oberen Bereich befindet, kreisrund und im inneren Rand sehr dunkel pigmentiert ist (Abb. 16).

Nach Köhn & Gosselck (1989) ist das **Telson** doppelt so lang wie breit und wirkt so langgestreckt. Weiterhin weist es eine stark ausgeprägte Pigmentierung in der oberen Hälfte auf. Am unteren Rand ist das Telson halbkreisförmig, fein gezackt und besitzt an den seitlichen Enden je eine längere glatte Dorne. An den Seitenrändern befinden sich 14 bis 16 Dornen, wobei Czerniavsky (1882) 18 kurze Dornen erwähnte (Abb. 16).

In Abbildung 17 sind ein Männchen (Dorsalansicht) und ein Weibchen (Lateralansicht) dargestellt.



Ab-

Abbildung 15: *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) – Tafel 1 vordere Extremitäten: at 1 – 1. Antenne; at 2 – 2. Antenne; as – Antennenschuppe; mbp – Mandibularpalpus; pp – Pereopod; ex – Exopodit; en – Endopodit (Kuri-sches Haff, Upaitis, Litauen; 55,351233° N; 21,246183° E; 17. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeich-nungen: H. Roth (2015)

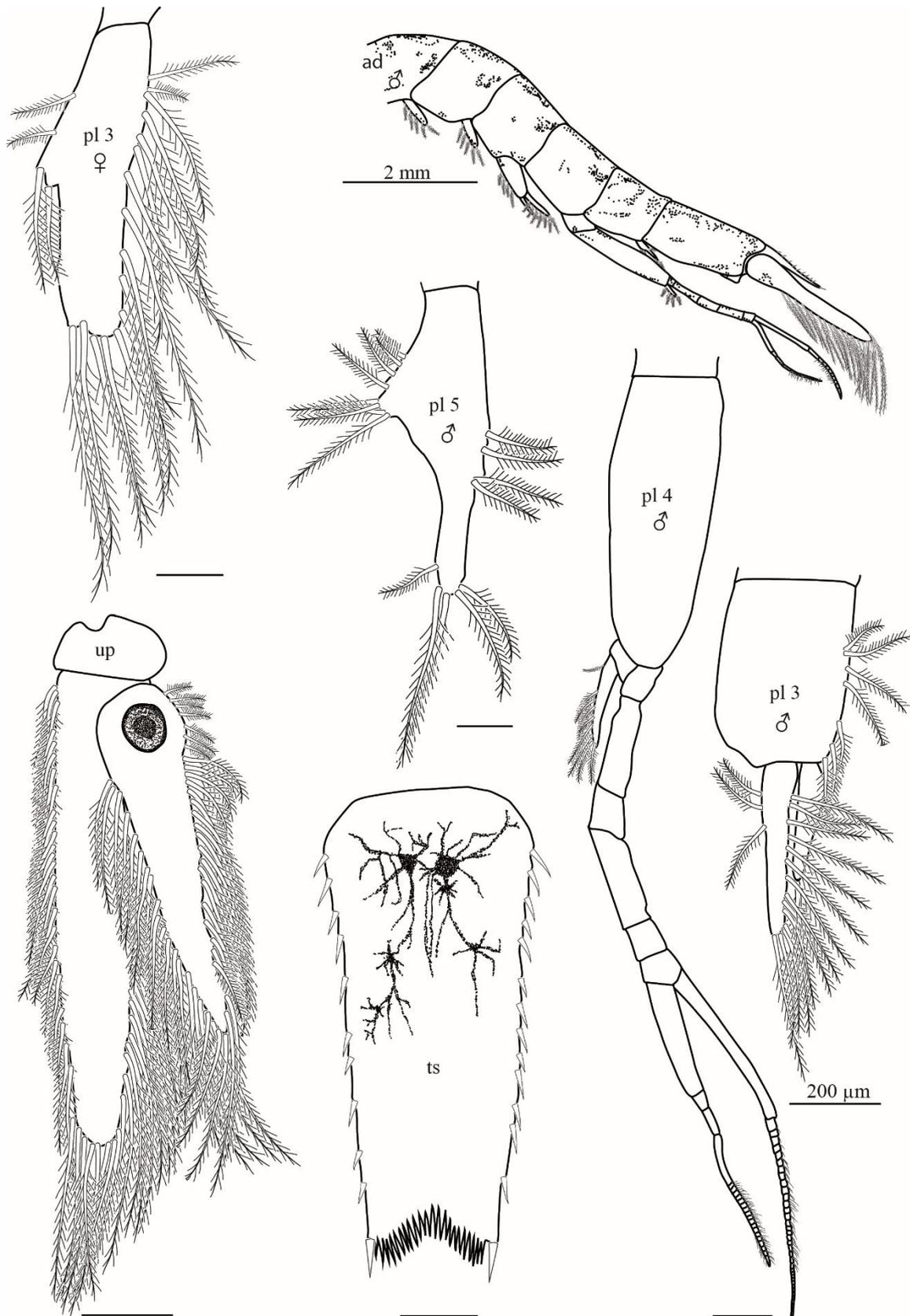


Abbildung 16: *Paramysis lacustris* (Czernviasky, 1882) – Tafel 2 hintere Extremitäten mit dem Maßstab 100 µm: ad – Abdomen; pl – Pleopod; ts – Telson; up – Uropod (Kurisches Haff, Upaitis, Litauen; 55,351233° N; 21,246183° E; 17. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

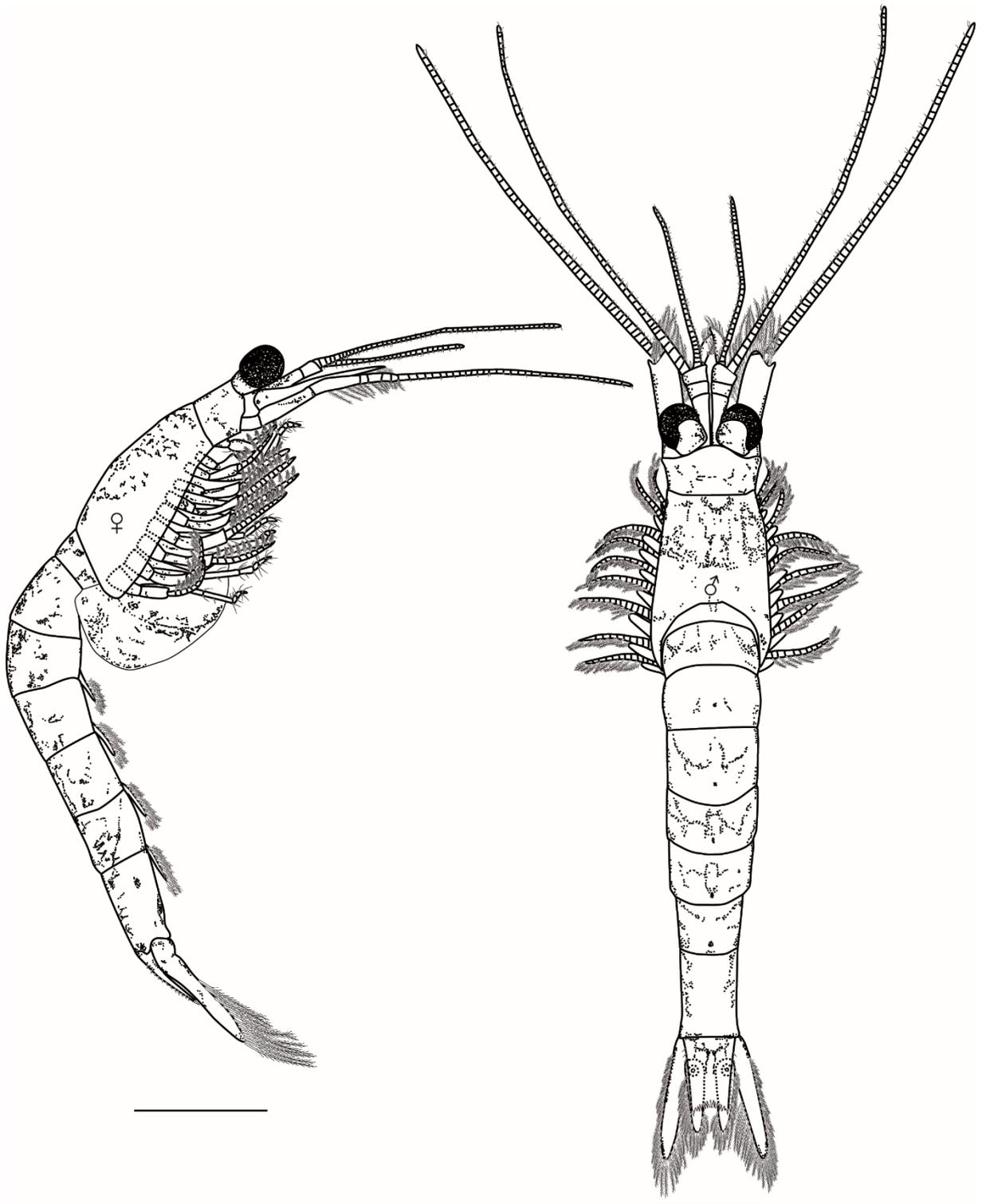


Abbildung 17: *Paramysis lacustris* (Czerniasky, 1882) – Tafel 3 Habitus mit dem Maßstab 2 mm (Kurisches Haff, Upaitis, Litauen; 55,351233° N; 21,246183° E; 17. September 2004; leg/det. M. L. Zettler) – Zeichnungen: H. Roth (2015)

3.3.3 Ökologie

Habitat und Lebensweise in Verbindung mit autökologischen Parametern

Paramysis lacustris kommt im Litoral von Flüssen, Seen und Meeren vor (Lesutiene *et al.*, 2008). Ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet erstreckt sich entlang der Küsten und Flussmündungen des Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meeres (Băcescu, 1954). Dabei ist sie innerhalb der Flüsse bis zu 600 km stromaufwärts verteilt (Wittmann, 2007). In Tiefen von 0 bis 48 m und einer Trübheit von 1 bis 194 NTU kann sie angetroffen werden (Wittmann, 2007). Weiterhin ist *P. lacustris* ein oxyphiler Organismus (Arbačiauskas, 2002), welcher mit Sauerstoffgehalten zwischen 5,01 bis 12,7 mg/l am besten zurechtkommt (Wittmann, 2007). Des Weiteren kommt die Art in Gewässern mit einer temporären Härte von 8 bis 16 °d, einer Leitfähigkeit von 270 bis 22873 µS/cm und einer Wasserströmung von maximal 0,5 m/s vor (Wittmann, 2007). 6 bis 18 Stunden verbringt die Mysidacea im Pelagial und ist bei Temperaturen von 0 bis 32,5 °C anzutreffen (Khmeleva & Baichorov, 1987). Dadurch kann sie auch in nördlichen Gewässern leben, welche im Winter durch eine Eisschicht gekennzeichnet sind (Khmeleva & Baichorov, 1987). Weiterhin zeigt sie einen hohen Toleranzbereich für den Salzgehalt. Ovčarenko *et al.* (2006) stellten fest, dass *P. lacustris* Salzgehalte bis zu 14 PSU toleriert. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet bevorzugt sie eher Salzgehalte mit weniger als 3 PSU (Ovčarenko *et al.*, 2006). Dennoch zeigt das Experiment von Ovčarenko *et al.* (2006), dass *P. lacustris* höhere Salzgehalte toleriert und demnach als euryhalin bezeichnet werden kann. Weiterhin lebt diese Spezies in großen Schwärmen und weist eine hohe Abundanz in küstennahen Gebieten auf (Lesutiene *et al.*, 2008). *P. lacustris* ist durch ihre omnivore Ernährung auf keine spezielle Nahrung angewiesen und frisst mit Vorliebe Copepoden, Cladoceren (wie *Daphnia*) und Harpacticoide (wie *Byrocampus*) (Lesutiene *et al.*, 2008).

Reproduktion

Die Reproduktion von *P. lacustris* ist saisonal, wobei sie sich über die Frühjahrs- und Sommermonate fortpflanzt (Khmeleva & Baichorov, 1987). Die nachfolgenden Informationen stammen alle aus Beobachtungen von Khmeleva & Baichorov (1987). Sie untersuchten den Lebenszyklus von *P. lacustris* in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet sowie in Reservoiren Litauens. Ab einer Temperatur von 7 bis 9 °C fängt *P. lacustris* mit ihrer Fortpflanzung an. In allochthonen Gewässern beeinflussten die verschiedenen Temperaturbereiche den Reproduktionsprozess

nicht, sondern hatten lediglich Einfluss auf die Dauer der Reproduktion. Die Embryonenentwicklung in nördlichen Habitaten war 1,5-mal höher und ist begründet durch die geringere Anzahl von Tiere in der Population. Die Reproduktion endet im Oktober bis November, wenn die Temperaturen auf 10 bis 8 °C gesunken sind. Des Weiteren ist nicht nur die Temperatur, sondern auch Licht ein entscheidender Faktor für die Populationsentwicklung. Die Tiere, welche im Herbst geboren sind, tauchen über die Wintermonate ab und nutzen ihre gesamte Energie für ihr Wachstum. Dies hat zur Folge, dass die Tiere in der darauffolgenden Saison die optimale Größe für die Reproduktion besitzen. Weiterhin ist festzustellen, dass die Geschlechtsreife bei Weibchen der Frühjahrgeneration bei höheren Temperaturen (14 bis 23 °C) ausgeprägt wird. Außerdem nimmt die Körpergröße und –gewicht mit dem Jahresverlauf ab. Die Fruchtbarkeit steht in Korrelation mit der Größe und des Körpergewichtes der Weibchen. 21 bis 43 Eier produziert ein Weibchen abhängig von ihrer Körpergröße. Abschließend ist zu sagen, dass die Reproduktion von der Fruchtbarkeit und der Körpergröße abhängt. Die Reproduktionsleistung, in Khmeleva & Baichorov (1987) Beobachtungen, lag im Frühjahr wie auch im Herbst bei ca. 32 %.

Informationen zu Wechselwirkungen ihrer biotischen Umwelt wurden bis heute noch nicht veröffentlicht und obliegen weiterer Untersuchungen. *„Durch ihren breiten Toleranzbereich und ihre hohe Resistenz gegenüber abiotischen Faktoren, besitzt sie ein großes ökologisches Potential“* in allochthone Gebiete weiter vorzudringen (Khmeleva & Baichorov 1987).

3.3.4 Verbreitung

Paramysis lacustris ursprüngliches Verbreitungsgebiet bezieht sich auf Küsten- und Flachwassergebiete des Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meeres (Băcescu, 1954; Berezina *et al.*, 2011). Sie bewohnt fast alle Flüsse, welche das Kaspische Meer umgeben. Dazu gehören die Kura, der Samur, der Terek, der Ural und die Wolga (Birstein, 1968). *P. lacustris* ist ebenso in Flussmündungen von Dnjepr, Dnister, Donau und Don heimisch (Birstein, 1968). Czerniavsky (1882) entdeckte die Art erstmalig 1882 im Abrau See bei Novorossiysk (Russland) (Abb. 18). In Folge einer Einführung in osteuropäische Gewässer wurde die Spezies in den 1960er Jahren in verschiedenen Flusssystemen und Seen Litauens, wie zum Beispiel dem Kaunus Reservoir, dem Antaliepte Reservoir, dem Elektrenal Reservoir, Simnen und einigen weiteren festgestellt (Gasjunas 1968). 1969 entdeckte Zhuravel (1969) *P. lacustris* im Volkhov Reservoir (Russland). Laut Wittmann (1995) etablierte sich *P. lacustris* auch in Estland. Infolge mehrerer Exkursionen von 1985-1998 fand Wittmann (2005) heraus, dass sich *P. lacustris* in mehreren Flusszweigen, Kanälen und näherer gelegenen Seen des Donaudeltas befand. Weiterhin wurden 1988 Tiere in Seen der Türkei (Abb. 18) nahe der Küsten des Schwarzen sowie auch Marmora Meeres gefunden (Wittmann, 2005). In Weißrussland wurde *P. lacustris* im See Drysviaty und im Fluss Prypjat 2007 nachgewiesen (Semenchenko *et al.*, 2007). Zuletzt wurde die Art 2014 im Stettiner Haff (Zettler, 2015) gefunden. Dieser Nachweis ist der erste außerhalb Osteuropas und der erste für Deutschland.

Paramysis lacustris ist bis heute im Gegensatz zu anderen Arten nicht so weit expandiert. Die Gründe für ihr heutiges Vorkommen sind dennoch nicht erschlossen und beruhen auf reinen Spekulationen. In der folgenden Diskussion werden einige potentielle Gründe für die Verbreitung der Art dargelegt und Vergleiche zu den oben schon beschriebenen Arten gezogen.

In der folgenden Karte sind alle oben schon erwähnten Fakten grafisch dargestellt. Im Anhang I befindet sich die dazu gehörige Tabelle.

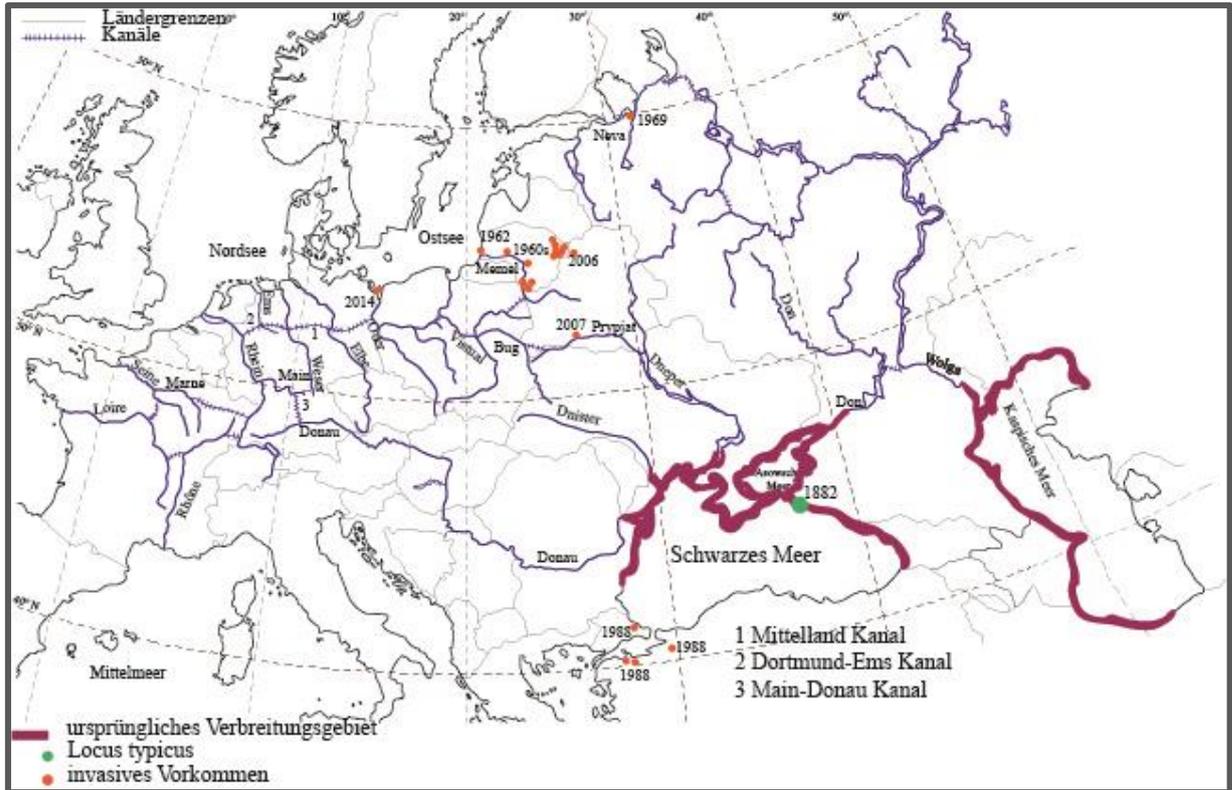


Abbildung 18: *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) – Verbreitungsweg aus Pontokaspis nach Nordosteuropa – erstellt von: H. Roth (2015)

4 Diskussion

4.1 Morphologische Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Alle drei Mysidaceen sind grundsätzlich gleich gebaut. Jedes Tier besitzt ein gut definiertes Cephalon, welches sich in eine erste Antenne, eine zweite Antenne mit Antennenschuppe, Augen und ein Rostrum gliedert. Die erste Antenne ist bei diesen Malakostraken zweifach verzweigt, wobei die innere Geißel kürzer als die äußere ist. Weiterhin weist der Pedunculus eine dreifache Gliederung auf, wohingegen der basale Abschnitt längenmäßig größer ist. Überdies verfügt jede dieser Antennen über eine Nebengeißel, welche bei *P. lacustris* stark vergrößert ist. Die zweite Antenne jeder Spezies besitzt eine Antennenschuppe, welche sich in Form und Behaarung unterscheidet. Dabei ist jede der Antennenschuppen mit Fiederborsten ausgestattet, welchen den kompletten Umriss (siehe *Limnomysis benedeni*) oder nur einem bestimmten Punkt (siehe *Paramysis lacustris* & *Hemimysis anomala*) umfassen. *P. lacustris* weist dabei eine Besonderheit auf. Ihre Antennenschuppe endet am äußeren Rand in einen Dorn.

Die Augen von *H. anomala* sind die flächenmäßig breitesten, wohingegen *L. benedeni* die kleinsten Augen besitzt. Dafür hat *L. benedeni* den mit Abstand längsten Augenschaft, wodurch ihre Augen eine stielaugenförmige Bauart zeigen. Die Augen von *P. lacustris* und *H. anomala* haben hingegen eine runde Form.

Der Carapax und die Pereiopoden zeigen keine auffälligen Unterschiede und sind wie bei allen Mysidaceen gleich entwickelt.

Die Marsupien der Weibchen weisen hinsichtlich ihrer Größe keine signifikanten Unterschiede auf. Lediglich bezüglich ihrer Pigmentierung besitzt *L. benedeni* den mit Abstand dunkelsten gefärbten Brutbeutel. *H. anomala* sowie *P. lacustris* weisen eine eher mäßige Pigmentierung auf.

Die meisten Unterschiede zwischen den untersuchten Arten zeigen sich im Bereich des Pleons. Die Pleopoden der Weibchen sind an allen Abdominalsomiten gleich gebaut und unterscheiden sich lediglich innerhalb der Arten von ihrer Struktur.

Die männlichen Tiere der Art *L. benedeni* besitzen nur am dritten sowie vierten Pleomer anders geformte und strukturierte Pleopoden. *H. anomala* und *P. lacustris* verfügen am fünften Pleomer über ein weiteres, anders gebautes Pleopodenpaar. Weiterhin fällt bei allen männlichen Tieren auf, dass die Pleopoden am vierten Pleomer stark verlängert und vergrößert sind. Diese Schwimmbeine reichen bei *H. anomala* und *P. lacustris* bis zum Schwanzfächer des Abdomens. Die vierten Pleopoden von *L. benedeni* sind kürzer als die der anderen Arten und reichen lediglich bis zur Hälfte des sechsten abdominalen Segmentes.

Die Uropoden sind morphologisch bei allen drei Mysidaceen gleich aufgebaut, wobei sie sich einzig in der Größe ihrer Statozysten unterscheiden. *H. anomala* verfügt über eine flächenmäßig große Statozyste, welche den basalen Abschnitt des Endopoditen ausfüllt. *L. benedeni* und *P. lacustris* haben in dieser Hinsicht kleinere Statozysten. Außerdem zeigt der Endopodit von *H. anomala* eine weitere Besonderheit. Er besitzt am proximalen Abschnitt sechs bis neun Dornen, welche die anderen zwei Mysidaceen nicht aufweisen.

Das Telson der untersuchten Malakostraken unterscheidet sich hauptsächlich terminal. Das Telson von *H. anomala* verläuft am unteren Rand geradlinig und fein gezackt. Im Gegensatz zu *H. anomala* verfügt *L. benedeni* terminal über einen ellipsenförmigen und grob gezackten Abschnitt, wohingegen *P. lacustris* am Telson halbkreisförmig und fein gezackt ist. Außerdem zeigt das Telson von *P. lacustris*, im Gegensatz zu den anderen zwei Mysidaceen, eine auffällige Pigmentierung im basalen Drittel.

L. benedeni ist mit 7 bis 9 mm die verhältnismäßig kleinste Spezies. Die Größe von *P. lacustris* variiert zwischen ihren Geschlechtern, wobei die Weibchen meist größer als die Männchen sind. Im Größenvergleich zu *H. anomala* weist sie aber dennoch keine Unterschiede auf. Beide Arten sind zwischen 10 und 14 mm groß.

P. lacustris zeigt, im Gegensatz zu den anderen beiden Arten, über dem ganzen Körper eine aderförmige Pigmentierung. *L. benedeni* ist das dunkelste Tier, wohingegen *H. anomala* mit einem elfenbeinfarbenen Körper am hellsten erscheint.

4.2 Potentielle Gründe für weitreichende Expansion

Die expansive Verbreitung aller drei Arten begann 1960 im Zuge einer von der ehemaligen Sowjetunion erteilten Einführung von pontokaspischen Organismen in verschiedene Seen, Flüsse und Reservoirs der Ukraine, Moldawiens und Südrusslands (Arbačiauskas, 2002; Berezina *et al.*, 2011; Bij de Vaate *et al.*, 2002). Ziel war es, eine „*fischereibiologische Pflegemaßnahme*“ (Wittmann *et al.*, 1999) durchzuführen, um den Fischertrag zu steigern (Arbačiauskas, 2002; Berezina *et al.*, 2011). Mysidaceen und Amphipoden sollten dabei als geeignete Fischnahrung dienen (Berezina *et al.*, 2011). Laut Arbačiauskas (2002) wurden 1960 zwei Schübe sowohl im Mai als auch im Oktober aus dem Dnjepr nach Litauen in das Kaunas Reservoir gebracht. 1961 erfolgte eine dritte Einführung in das Simferopol Reservoir der Halbinsel Krim. Insgesamt wurden 4400 Individuen von *Paramysis lacustris*, 1600 Individuen von *Limnomysis benedeni* und 3500 Individuen von *Hemimysis anomala* eingeführt (Arbačiauskas, 2002). Die Populationen von *P. lacustris* und *L. benedeni* hatten sich 1961 vollständig in den Kurischen Lagunen Litauens etabliert und breiteten sich über das Kaunas Reservoir aus (Arbačiauskas, 2002). *H. anomala* wurde auch dokumentiert, schien aber nicht dauerhaft in diesen Gewässern vorzukommen und war 1963 über die Memel in das Kurische Haff vorgerückt. *L. benedeni* kam auch zeitweilig in anderen Wasserreservoirs und Seen Litauens vor, wie zum Beispiel in den Seen Simnas und Daugai. Genau wie *P. lacustris* zeigte sie in den litauischen Reservoirs und Flusssystemen eine hohe Abundanz und Anpassung. (Arbačiauskas, 2002).

H. anomala und *L. benedeni* breiteten sich seit Ende der 1990er Jahre weiter in Flusssystemen und Ästuarien Westeuropas aus. Bij de Vaate *et al.* (2002) stellte drei Routen auf, um den Weg der Verbreitung nach Westeuropa besser nachvollziehen zu können: eine nördliche, eine zentrale und eine südliche. Die nördliche Route verläuft ausgehend von der Wolga über die Seen Beloye, Onega und Ladoga in den Fluss Neva und letztlich in die Ostsee. Die zentrale Route orientiert sich als Anfangspunkt an dem Dnjepr, verläuft weiter zur Fistula, der Oder und der Elbe, bis sie schließlich im Rhein endet. Die südliche Route verläuft über die Donau in den Rhein. Nach Bij de Vaate *et al.* (2002) haben sich pontokaspische Individuen wie *H. anomala* und *L. benedeni* vermutlich über die nördliche und zentrale Route verbreitet. Grund für diese Annahme sind die Einzugsgebiete der Arten, zu welchen die Flussmündungen von Dnjepr und Wolga zählen (Băcescu, 1954). Dennoch sind kaum Nachweise der Arten in den Gewässern der nördlichen und zentralen Route festgestellt worden (Tab. 1 und 2). Die südliche Expansion

über die Donau ist ebenso ein möglicher Verbreitungsweg (Audzijonyte *et al.*, 2008). In Abbildung 6 und 12 wird deutlich, dass sich *H. anomala* und *L. benedeni* von der Donau aus über den Main-Donau-Kanal, in den Rhein, über den Dortmund-Ems-Kanal sowie dem Mittellandkanal in die Oder und schließlich in die Ostsee verbreitet haben können.

Paramysis lacustris ist nur einmalig an der deutschen Ostseeküste gefunden worden (Zettler, 2015). Informationen zu dem Vorkommen in Binnengewässern Westeuropas liegen momentan nicht vor. Daher bleibt die Vermutung, dass *P. lacustris* von der Dnjepr über den Prypjat und den Prypjat-Bug-Kanal, die Bug, die Weichsel, den Brombergkanal, die Warthe, die Oder und schließlich bis in das Stettiner Haff gelangte (Zettler, 2015). Dies sind aber nur Spekulationen, da es noch keine Nachweise aus diesen Regionen gibt. Denkbar wäre auch eine Verschleppung aus dem Kurischen Haff über die Ostsee in das Oder Haff.

Fakt ist, dass die Ausbreitungen mit anthropogenen Auswirkungen in Verbindung stehen (Berezina *et al.*, 2011; Müller *et al.*, 2005; Van der Velde *et al.*, 2000; Wittmann, 2007). Durch Errichtung von Kanälen, wie dem Main-Donau-Kanal (1992) oder dem Mittellandkanal, fand ein Faunaaustausch statt und es gab eine Begünstigung für allochthone Arten. Des Weiteren erfolgte diese rasante Ausbreitung vermutlich durch die Binnenschifffahrt, indem sich die Tiere an Schiffsaußenwände festsetzten oder ins Ballastwasser der Schiffe aufgenommen wurden (Berezina *et al.*, 2011; Van der Velde *et al.*, 2000). Außerdem wurde in Flusshäfen ein häufiges Vorkommen der Tiere festgestellt (Versylcker *et al.*, 2000). Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass *H. anomala* über diesen Weg nach Großbritannien und in die USA gelangen konnte. Wittmann (2007) stellt die These auf, dass sich *H. anomala* in den Bodensee und weiter in tiefe Seen der Schweiz und Nachbarländer ausbreitet. Für *L. benedeni* geht er davon aus, dass diese Art bis zum Mittelmeer vordringen wird.

Mithilfe genetischer Untersuchungen könnten phylogenetische Verwandtschaften entschlüsselt werden (Müller *et al.* 2005) um die Verbreitungswege der Arten besser nachvollziehen zu können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass potentielle Gründe für die rasante und weite Ausbreitung mit einem anthropogenen Einfluss in Zusammenhang stehen. Bis heute kursieren lediglich Spekulationen über die expansive Ausbreitung. Weitere Untersuchungen sind daher nötig, um den Verbreitungsweg der allochthonen Mysidaceen besser erschließen zu können.

5 Literaturverzeichnis

- Arbačiauskas, K.** (2002): Ponto-Caspian Amphipods and Mysids in the Inland Waters of Lithuania: History of Introduction, Current Distribution and Relations with Native Malacostracans. *Invasive Aquatic Species of Europe*: 104-115.
- Audzijonyte, A., Daneliya, M.E. & Väinölä, R.** (2006): Comparative phylogeography of Ponto-Caspian mysid crustaceans: isolation and exchange among dynamic inland sea basins. *Molecular Ecology* **15**: 2969-2984.
- Audzijonyte, A., Wittmann, K.J. & Väinölä, R.** (2008): Tracing recent invasions of the Ponto-Caspian mysid shrimp *Hemimysis anomala* across Europe and to North America with mitochondrial DNA. *Diversity and Distributions* **14**: 179-186.
- Băcescu, M.** (1954): Crustacea Mysidacea. *Fauna Republicii populare Romîne* **4** (3): 1-126
- Berezina, N.A., Petryashev, V.V., Razinkovas, A. & Lesutiené, J.** (2011): Alien Malacostracan Crustaceans in the Eastern Baltic Sea: Pathways and Consequences. *Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology* **6**: 301-322.
- Bij de Vaate, A., Jazdzewski, K., Ketelaars, H.A.M., Gollasch, S. & Van der Velde, G.** (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **59**: 1159-1174.
- Birstein, J.A.** (1968): Otrjad Misidy. Mysidacea.- In: Birstein, J.A. et al. (eds) Atlas bespozvochnykh Kaspijskogo Morja. Izdatelstvo „Pishevaja Promyshlennost, Moskva: 213-227 (in Russian).
- Borcherding, J., Murawski, S. & Arndt, H.** (2006): Population ecology, vertical migration and feeding of the Ponto-Caspian invader *Hemimysis anomala* in a gravel-pit lake connected to the river Rhine. *Freshwater Biology* **51**: 2376-2387.
- Borza, P.** (2014): Life history of invasive Ponto-Caspian mysids (Crustacea: Mysida): A comparative study. *Limnologica* **44**: 9-17.
- Czerniavsky, V.** (1882): Monographia Mysidarum Imprimis Rossici. Fasc. 1, 2. – *Trudy Sankt-Petersburgskago Obshchestva Estestvoispytatelei* **12**: 1-170 und **13**: 1-85, St. Petersburg.
- Dick, J.T.A., Gallagher, K., Avijas, S., Clarke, H.C., Lewis, S.E., Leung, S., Minchin, D., Caffrey, J., Alexander, M.E., Maguire, C., Harrod, C., Reid, N., Haddaway, N.R., Fransworth, K.D., Penk, M & Riccardi, A.** (2013): Ecological impacts of an invasive

- predator explained and predicted by comparative functional responses. *Biological Invasions* **15**: 837-846.
- Dudich, E.** (1947): Die höheren Krebse (Malacostraca) der Mitteldonau. *Fragmenta Faunistica Hungarica* **10**: 125-132.
- Eggers, T.O., Martens, A. & Grabow, K.** (1999): *Hemimysis anomala* Sarsi m Stichkanal Salzgittern (Crustacea: Mysidacea). *Lauterbornia* **35**: 43-47.
- Gasjunas, I.I.** (1968a): Akklimatizacija vysshikh rakoobraznykh kaspiskogo kompleksa vozerach Litvy. *Limnologija* (Vilnius) **3**: 42-48.
- Geissen, H.-P.** (1997): Nachweis von *Limnomysis benedeni* Cerniavsky (Crustacea: Mysidacea) im Mittelrhein. *Lauterbornia* **31**: 125-127.
- Gergs, R., Hanselmann, A.J., Eisele, I., Rothhaupt, K.-O.** (2008): Autecology of *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 (Crustacea: Mysida) in Lake Constance, Southwestern Germany. *Limnologica* **38**: 139-146.
- Grabowski, M., Jażdżewski, K. & Konopacka, A.** (2005): Alien Crustacea in Polish Waters - Introduction and Decapoda. *Oceanological and Hydrobiological Studies* **1114** (1): 43-61.
- Haesloop, U.** (2001): Einige bemerkenswerte Makrovertebraten – Funde aus Gewässern des Großraumes Bremen. *Lauterbornia* **41**: 55-59.
- Hanselmann, A.** (2008): Einfluss von Temperatur und Invertebraten-Prädation auf die Populationen von *Limnomysis benedeni* im Bodensee. Diplomarbeit.
- Hanselmann, A., Gergs, R. & Rothhaupt, K.-O.** (2011): Seasonal shifts in the life cycle of the ponto-caspian invader *Limnomysis benedeni* (Crustacea: Mysidacea): a physiological adaptation?. *Hydrobiologia* **673**: 193-204.
- Holdich, D., Gallagher, S., Rippon, L., Harding, P. & Stubbington, R.** (2006): The invasive Ponto-Caspian mysid, *Hemimysis anomala*, reaches the UK. *Aquatic Invasions* Volume **1**, Issue 1: 4-6.
- Horecký, J., Šporka, F. & Stuchlík, E.** (2005): First record of *Hemimysis anomala* Sars (Crustacea: Mysidacea) from Czech stretch of Elbe (Czech Republic). *Lauterbornia* **55**: 89-91, Dinkelscherben.
- Horká, P., Horký, P., Slavík, O. & Opatřilová, L.** (2012): Diurnal behavioural patterns and spread of the Ponto-Caspian invader *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea, Mysidacea) in the Elbe River, Czech Republic. *Internat. Rev. Hydrobiol.* **97**: 454-462.
- Janas, U. & Wysocki, P.** (2005): *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea, Mysidacea) – first record in the Gulf of Gdansk. *Oceanologia* **47**: 405-408.

- Kelleher, B., Van der Velde, G., Wittmann, K.J. Faasse, M.A. & Bij der Vaate, A.** (1999): Current status of the freshwater Mysidae in the Netherlands, with records of *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882, a Pontocaspian species in the dutch rhine branches
- Ketelaars, H.A.M., Lambregts-van de Clundert, F.E., Carpentier, C.J., Wagenvoort, A.J. & Hoogenboezem, W.** (1999): Ecological effects of the mass occurrence of the Ponto-Caspian invader, *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 (Crustacea: Mysidacea), in a freshwater storage reservoir in the Netherlands, with notes on its autecology and new records. *Hydrobiologia* **394**: 233-248.
- Khmeleva, N.N. & Baichorov, V.M.** (1987): Patterns of Reproduction of the Pontocaspian Relict *Paramysis lacustris* within Distribution Area. Int. Revue ges. *Hydrobiol.* **72**: 685-694.
- Köhn, J. & Gosselck, F.** (1989): Bestimmungsschlüssel der Malakostraken der Ostsee. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin* **65**: 3-114.
- Komarova, T.I.** (1991): Mysidacea. Fauna Ukrainy Vol. **26**. Academia Nauk Ukrainy, Kiev: 1-104.
- Kotta, J. & Kotta, I.** (2010): The first finding of the Ponto-Caspian mysid shrimp *Hemimysis anomala* G. O. Sars (Mysidae) in the Estonian coastal sea. *Estonian Journal of Ecology* **59** (3): 230-236.
- Lesutiene, J., Gorokhova, E. Gasiūnaitė, Z.R. & Razinkovas, A.** (2008): Role of mysid seasonal migrations in the organic matter transfer in the Curonian Lagoon, south-eastern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **80**: 225-234.
- Lundberg, S. & Svensson, J.-E.** (2004): Röd immigrant från öster. *Fauna & Flora* **99** (1): 38-40.
- Mäemets, A.** (ed.) (1968) *Eesti järved*. Tallinn, Valgus
- Michels, U.** (2005): *Limnomysis benedeni* (Crustacea: Mysidacea) neu für die Untere Oder in Polen. *Lauterbornia* **55**: 83-87.
- Minchin, D. & Holmes, J.M.C.** (2008): The Ponto-Caspian mysid, *Hemimysis anomala* G.O. Sars 1907 (Crustacea), arrives in Ireland. *Aquatic Invasions* Volume **3**, Issue 2: 257-259.
- Müller, O., Exner, N. & Martens, A.** (2005): *Hemimysis anomala* in der Mittleren Oder (Crustacea, Mysidacea). *Lauterbornia* **55**: 93-96.
- Ojaveer, H., Leppäkoski, E., Olenin, S. & Ricciardi, A.** (2002): Ecological impact of Ponto-Caspian invaders in the Baltic Sea, European Inland waters and the Great Lakes: an intern-ecosystem comparison. *Invasive Aquatic Species of Europe* 412-425.

- Ovčarenko, I., Audzijonyté, A. & Gasiūnaitė, Z.R.** (2006): Tolerance of *Paramysis lacustris* and *Limnomysis benedeni* (Crustacea, Mysida) to sudden salinity changes: implications for ballast water treatment. *Oceanologia* **48**: 231-242.
- Pothoven, S.A., Grogorovich, I.A., Fahnenstiel, G.L. & Balcer, M.D.** (2007): Introduction of the Ponto-Caspian Bloody-red Mysid *Hemimysis anomala* into the Lake Michigan basin. *Journal of Great Lakes Research* **33**(1): 285-292.
- Rehage, H.-O. & Terlutter, H.** (2002): *Hemimysis anomala* Sars (Crustacea: Mysidacea) im Mittellandkanal bei Recke – Obersteinbeck (Nordrhein-Westfalen). *Lauterbornia* **44**: 47-48.
- Reinhold, M. & Tittizer, T.** (1998): *Limnomysis benedeni* Czerniavsky 1882 (Crustacea: Mysidacea), ein weiteres pontokaspisches Neozoon im Main-Donau-Kanal. *Lauterbornia* **33**: 37-40.
- Rudolph, K. & Zettler, M.L.** (2003): Erster Nachweis der Schwebgarnele *Hemimysis anomala* Sars, 1907 (Crustacea, Mysidacea) in Wasserstraßen im Nordosten Deutschlands. *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforscher Freunde zu Berlin* (N.F.) **42**: 1-131.
- Salemaa, H. & Hietalahti, V.** (1993): *Hemimysis anomala* G.O. Sars (Crustacea: Mysidacea) - Immigration of Pontocaspian mysid into the Baltic Sea. *Annals Zoologica Fennici* **30**: 271-276.
- Sars, G.O.** (1893): Crustacea Caspia Contribution to the knowledge of the carcinological fauna of the Caspian Sea Part 1 Mysidae. *Imprimerie de L'Academie Imperiale des Sciences* **9**, No 12.
- Schleuter, A. & Schleuter M.** (1998): *Drendrocoelum romanodanubiale* (Turbellaria, Tricladida) und *Hemimysis anomala* (Crustacea: Mysidacea) zwei weitere Noezoen im Main. *Lauterbornia* **33**: 125-127, Dinkelscherben.
- Schleuter, A., Geissen, H.P. & Wittmann, K.J.** (1998): *Hemimysis anomala* G.O. Sars 1907 (Crustacea: Mysidacea), eine euryhaline pontokaspische Schwebgarnele in Rhein und Neckar. Erstnachweis für Deutschland. *Lauterbornia* **32**: 67-71, Dinkelscherben.
- Semenchenko, V., Razlutsky, V. & Vezhnovetz, V.** (2007): First record of the invasive Ponto-Caspian mysid *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 from the River Pripyat, Belarus. *Aquatic Invasions Volume 2*, Issue 3: 272-274.
- Stich, H.B., Hoppe, A. & Maier, G.** (2009): Zooplankton composition in a gravel pit lake invaded by the Ponto-Caspian mysid *Hemimysis anomala* G.O. Sars 1907. *Aquatic Invasions Volume 4*, Issue 4: 697-700.

- Tapacob, A.T.** (1995): Fauna höherer Krebstiere (Crustaea, Malacostraca) im Ural (in Russian). *ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ* **3**
- Van der Velde, G., Rajagopal, S., Kelleher, B., Muskó, I. B. & Bij de Vaate, A.** (2000): Ecological impact of crustcean invaders: General considerations and examples from the Rhine River. In: Vaupel Klein, J.C. von & Schram, F.R. (eds). The Biodiversity Crisis and Crustacea. *Crustacea Issues* **12**: 3-33.
- Versylcke, T., Janssen, C., Lock, K. & Mees, J.** (2000): First occurrence of the Ponto-caspian invader *Hemimysis anomala* (Sars, 1907) in Belgium (Crustacea: Mysidacea). *Belg. J. Zool.* **130** (2): 157-158.
- Weish, P. & Türkay, M.** (1975): *Limnomysis benedeni* in Österreich mit Betrachtungen zur Besiedlungsgeschichte (Crustacea: Mysidacea). *Arch. Hydrobiol./Suppl.* **44**: 480-491.
- Wittmann, K.J. & Ariani, A.P.** (2009): Reappraisal and range extension of non-indigenous Mysidae (Crustacea, Mysida) in continental and coastal waters of eastern France. *Biological Invasions* **11**: 401-407.
- Wittmann, K.J.** (1995): Zur Einwanderung potamophiler Malacostraca in die obere Donau: *Limnomysis benedeni* (Mysidacea), *Corophilum curvispinum* (Amphipoda) und *Atyaephyra desmaresti* (Decapoda). *Lauterbornia* **20**: 77-85.
- Wittmann, K.J.** (2002): Krebstiere: „Schwebgarnelen“ und Süßwassergarnelen (Crustacea: Mysidacea: Mysidae, Decapoda: Atyidae). Umweltbundesamt/Federal Environment Agency- Austria **M-160**: 269-272.
- Wittmann, K.J.** (2007): Continued massive invasion of Mysidae in the Rhine and Danube river systems, with first records of the order Mysidacea (Crustacea: Malacostraca: Peracarida) for Switzerland. *Revue Suisse de Zoologie* **114** (1): 65-86.
- Wittmann, K.J., Theiss, J. & Banning, M.** (1999): Die Drift von Mysidacea und Decapoda und ihre Bedeutung für die Ausbreitung von Neozoen im Main-Donau-System. *Lauterbornia* **35**: 53-66, Dinkelscherben.
- Woynárovich, E.** (1955): Vorkommen der *Limnomysis benedeni* Czern. im ungarischen Donauabschnitt. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **1**: 177-185.
- Zettler, M.L.** (2002): Crustaceologische Neuigkeiten aus Mecklenburg-Vorpommern. *Archiv der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg* **41**:15-36.
- Zettler, M.L.** (2015): Kurze Notiz über die Ankunft von *Echinogammarus trichiatus* im Ostseegebiet und den Erstnachweis von *Paramysis lacustris* in Deutschland. *Lauterbornia* **79**: 151-156, Dinkelscherben.

Zhuravel, P.A. (1969) O rasshchireanii arealov nekotoryh limanno – kaspjjskih bezbozvonoch-
nih. *Gidrobiologiceskij Zhurnal* **5**: 1152-1162

Anhang

I – Auflistung von Erstnachweisen der untersuchten Mysidaceen außerhalb der Pontokaspis

In diesem Abschnitt sind alle Erstnachweise, der im Hauptteil charakterisierten Arten, chronologisch nach Jahren geordnet.

Tabelle 1 stellt die globalen Erstfunde von *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907 dar. Dabei wurde die Tabelle in Europa, Ostsee und Nordamerika unterteilt.

Tabelle 1: Auflistung globaler Verbreitung von *Hemimysis anomala* G.O. Sars, 1907

<i>Landesinnere europäischer Staaten</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Ostsee</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Große Seen USA; Kanada</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Referenz</i>
<u>Litauen:</u> Kaunas Reservoir Memel	1960s	Kurisches Haff	1962			Gasjunas, 1968
<u>Kalingrad:</u> Deyma	1962	Kurisches Haff	1962			Gasjunas, 1968
<u>Estland:</u> Saadjärv See	1968					Mäemets, 1968
		Finnischer Meeresbusen (Tvärminne)	1992			Salemaa & Hietalahti, 1993
<u>Österreich:</u> Donau (Wien & Linz)	1997					Wittmann et al., 1999
<u>Deutschland:</u> Rhein (Koblenz–Oberwerth)	1997					Schleuter et al., 1999
Neckar	1997					
Donau (Geisling & Straubingen)	1997					Wittmann et al., 1999
<u>Niederlande</u> Biesbosch Reservoir						Ketelaars et al.,

						1997
Stichkanal (Salzgitter) – Seitenarm Mittellankanal	1998					Eggers <i>et al.</i> , 1999
<u>Niederlande:</u> Rhein (Nijmegen)	1999					Kelleher <i>et al.</i> , 1999
<u>Belgien:</u> Galgenweel (Hafen Antwerpen)	1999					Versylcke <i>et al.</i> , 2000
<u>Deutschland:</u> Außenweser (Bremerhaven)	2001					Haesloop, 2001
<u>Deutschland:</u> Plauer See und Störkanal in Banzkow (Einzugsgebiet Elde)	2001					Zettler, 2002
<u>Deutschland:</u> Mittellandkanal (Recke - Obersteinbeck)	2002					Rehage & Terluter, 2002
Werbellinsee und Kalksee bei Woltersdorf (Brandenburg)	2002					Rudolph & Zettler, 2003
		Danziger Bucht	2002			Janas & Wysocki, 2005
		nördliche Ostsee (Stockholm)	2003			Lundberg & Svensson, 2004
<u>Tschechien:</u> Elbe (Hřensko)	2003					Horecký <i>et al.</i> , 2005
<u>Deutschland:</u> Oder (nördlich von Frankfurt Oder)	2004					Müller <i>et al.</i> , 2005
<u>Großbritannien:</u> Trent (Nottingham)	2004					Holdich <i>et al.</i> , 2006
<u>Deutschland:</u> Havel (Bahnitz)	2005					Zettler, 2005

		Stettiner Haff	2005			Zettler, 2005
<u>Schweiz:</u> Rhein (Basel – Kleinhüningen)	2005					Wittmann, 2007
<u>Slowakei:</u> Donau (Bratislava)	2005					Wittmann, 2007
<u>Ungarn:</u> Donau (Dunaujváros)	2005					Wittmann, 2007
<u>Kroatien:</u> Donau (Vukovar)	2005					Wittmann, 2007
<u>Serbien:</u> Donau (Veliko Gradište)	2005					Wittmann, 2007
				<u>USA:</u> Lake Michigan	2006	Pothoven <i>et al.</i> , 2007
<u>Frankreich:</u> Rhône (zwischen Lyon & Beaucaire) Mosel (Blénod-lès-Pont-à-Mousson) Canal-de-la-Marne-au-Rhin Canal-du-Rhône-au-Rhin französische Mittelmeerküste (Rhône Delta: Port-Saint-Louis-du- Rhône & Saint-Gilles)	2007					Wittmann & Ariani, 2008
				<u>Kanada:</u> St. Lawrence	2007	Kestrup & Ricciardi, 2008
<u>Irland:</u> Lough Derg See (Zufluss von Shannon)	2008					Minchin & Holmes, 2008
		Rigaer Meer- esbusen (Pärnu)	2009			Kotta & Kotta, 2010

In der zweiten Tabelle sind alle Erstnachweise für *Limnomysis benedeni* aufgelistet, wobei eine Unterteilung in Europa und Ostsee erfolgte.

Tabelle 2: Auflistung europäische Verbreitung von *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882

<i>Landesinnere europäischer Staaten</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Ostsee</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Referenz</i>
<u>Ungarn:</u> Donau (Budapest)	1946			Dudich, 1947
<u>Ungarn:</u> Balaton See	1955			Woynárovich, 1955
<u>Litauen:</u> Kaunas Reservoir Memel Elektrenai Reservoir Simnas Daugai	1960s	Kurisches Haff	1962	Gasjunas, 1968
<u>Österreich:</u> Donau (Wien)	1973			Weish & Türkay, 1975
<u>Russland</u> Ural	1995			Tapacob, 1995
<u>Deutschland:</u> Rhein (Koblenz)	1997			Geissen, 1997
<u>Deutschland:</u> Main-Donau Kanal (Kehlheim)	1997			Reinhold & Tittizer, 1998
<u>Niederlande</u> Biesbosch Reservoir				Ketelaars <i>et al.</i> , 1997
<u>Niederlande:</u> Rhein (Nijmegen)	1999			Kelleher, 1999
<u>Polen:</u> Unter Oder (Gartz)	2004			Michels, 2005
<u>Deutschland:</u> Mittelland-Kanal	2005			Wittmann, 2007
Dortmund-Ems-Kanal	2005			Wittmann, 2007
<u>Kroatien:</u> Drau	2005			Wittmann, 2007
<u>Serbien:</u> Tisa (Srbobran)	2005			Wittmann, 2007

<u>Schweiz:</u> Rhein (zwischen Breisach und Basel)	2005			Wittmann, 2007
<u>Deutschland:</u> Bodensee (Konstanz)	2006			Gergs <i>et al.</i> , 2008
<u>Weißrussland:</u> Pripyat (Mazyr)	2007			Semenchenko <i>et al.</i> , 2007
<u>Frankreich:</u> Mosel (Blénod-lés-Pont-à-Mousson) Canal-du-Rhône-au-Rhin (Mulhouse) Rhein (Strasbourg & Dombasle-sur-Meurthe)	2007			Wittmann & Ariani, 2008
		Stettiner Haff	2010	Zettler, 2015
<u>Deutschland:</u> Kummerower See	2012			Zettler, 2012

In Tabelle 3 sind alle europäischen sowie Erstnachweise für die Ostsee von *Paramysis lacustris* dargestellt.

Tabelle 3: Auflistung europäische Verbreitung von *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882)

<i>Landesinnere europäischer Staaten</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Ostsee</i>	<i>Erstnachweis</i>	<i>Referenz</i>
<u>Litauen:</u> Kaunas Reservoir Antaliepte Reservoir Elektrenai Reservoir Dusia Metelys Obelija Simnas Dysnai Sartai Arinas Kretuonas Zeimenys Dysnykstis	1960s	Kurisches Haff	1962	Gasjunas, 1968
<u>Russland:</u> Volkhov Reservoir	1969			Zhuravel, 1969
<u>Russland</u> Ural	1995			Tapacob, 1995
<u>Türkei:</u> Uluabat Gölü Kus Gölü; Durusu Gölü Sapanca Gölü	1988			Wittmann, 2005
<u>Weißrussland:</u> Drysviaty See	2006			Semenchenko <i>et al.</i> , 2007
Pripyat (Mikashevichy)	2007			Semenchenko <i>et al.</i> , 2007
		Stettiner Haff	2014	Zettler, 2015

II - Abkürzungsverzeichnis

ad	Abdomen
at	Antenne
as	Antennenschuppe
en	Endopodit
ex	Exopodit
IOW	Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (Zusammenarbeit der Forschungseinrichtung mit der Autorin im Rahmen dieser Bachelorarbeit)
mbp	Mandibularpalpus
NTU	nephelometrische Einheit für die Trübung eines Gewässers
pl	Pleopod
pp	Pereiopod
PSU	practical salinity unit
ts	Telson
up	Uropod
WoRMS	World Register of Marine Species

III – Material und Software

Chemikalie:

Glycerin 87% technisch
von AppliChem GmbH
Aggregatzustand: flüssig
Ursprung: aus Pflanzen
Spezifikation: Gehalt (titr.) 86 - 88%
A2796,5000
Lot: 2G003309

Grafiktablett:

Wacom Intuos® 4
Professionelles Stifttablett
Größe L

Software:

AxioVision Release 4.8.2 SP2 (06-2012)
Adobe Illustrator CS5
Adobe Illustrator Photoshop (64bt)

IV – Danksagung

Zu aller erst möchte ich mich Recht herzlich bei Dr. Michael L. Zettler bedanken, welcher mir die Möglichkeit gab über diese interessanten Wirbellosen zu schreiben. Danke für die tolle Betreuung und dein stets offenes Ohr bei jeglichen Fragen oder Problemen.

Mein Dank gilt weiterhin meinem Zweitbetreuer Dr. Wolfgang Wranik. Herzlichen Dank, dass Sie mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Zudem bedanke ich mich bei den Mitarbeitern der AG Ökologie benthisches Organismen für, das stets freundliche Arbeitsumfeld im Labor und die Hilfsbereitschaft.

Ein ganz großes Dankeschön gilt dabei Anja Zettler, welche mich in den ersten Wochen in alle Gerätschaften sowie in die Software eingewiesen hat. Ohne deine Geduld und deine Hilfe in der Anfangszeit wären die Zeichnungen nicht so toll geworden. Des Weiteren bedanke ich mich bei Mara Drüke und André Weißhuhn, welche mir stets geholfen haben, wenn ich Fragen zu meinen Zeichnungen hatte. Mara und André, danke für eure Ratschläge und stets aufmunternden Worte. Ein weiteres großes Dankeschön gilt Elvita Eglīte und Līna Livdāne für ihre Hilfsbereitschaft und Herzlichkeit.

Schließlich danke ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre großartige Unterstützung und Motivation. Danke für jedes aufmunternde und motivierende Wort. Ihr seid die Besten.

V – Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich Eides statt, dass meine Bachelorarbeit mit dem Thema „Morphologische und ökologische Eigenschaften allochthoner Mysidacea aus der Pontokaspis“ ohne fremde Hilfe verfasst wurde. Weiterhin versichere ich, dass alle wörtlichen Zitate sowie die Verwendung des Gedankengutes anderer Autoren entsprechend gekennzeichnet wurden. Diese Arbeit lag keiner anderen Prüfung vor.

Rostock, 23.06.2015

Heidi Roth