Lauterbornia 63: 57-75, D-86424 Dinkelscherben, 2008-09-10

Versuche zur Wiederansiedlung der Eintagsfliegenart *Palingenia longicauda* (Olivier) in der Lippe

Recolonization experiments of mayfly *Palingenia longicauda* (Olivier, 1791) in the Lippe River in Germany

Thomas Tittizer, Daniel Fey, Mario Sommerhäuser, Kristóf Málnás und †Sándor Andrikovics

Mit 9 Abbildungen und 2 Tabellen

Schlagwörter: Palingenia, Ephemeroptera, Insecta, Lippe, Nordrhein-Westfalen, Deutschland, Theiß, Ungarn, Biologie, Lebenszyklus, Wiederansiedlung
Keywords: Palingenia, Ephemeroptera, Insecta, recolonization, Lippe River, Tisza River

Bis Anfang des 20. Jh. war *Palingenia longicauda* im Rhein- und Donaueinzugsgebiet verbreitet und besiedelte die Mittel- und Unterläufe großer Fließgewässer mit tonig-schluffiger Gewässersohle. Ab den 80-er Jahren des 20 Jh. konnten Massenemergenzen dieser Art nur noch in der Theiß und in einigen ihrer Nebenflüsse beobachtet werden. In unserem Wiederansiedlungsversuch wurden in Ungarn etwa 80 Mio. Eier gesammelt, nach Deutschland gebracht, im Labor erbrütet und anschließend die "Mini-Larven" in die Lippe ausgesetzt. Auch wurden 1200 ein- und zweijährige Larven in Ungarn gesammelt und ebenfalls in der Lippe angesiedelt. Naturschutzstatus, Biologie und Ökologie dieser Eintagsfliegenart werden diskutiert.

Earlier *Palingenia longicauda* was a characteristic benthic species of middle and lower sections of large river in the catchment area of the Danube and Rhein rivers. During the last century this species disappeared from the rivers of Western Europe and from the 1980's the large mass emergence took place only in the Tisza River and in its tributaries. In our recolonization experiments we collected about 80 millions eggs in Hungary and carried them to Germany. The eggs were hatched in laboratory and the "mini-larvae" were put in the Lippe River. Apart from these, 1200 1-2 year old larvae were also transported and colonized in the Lippe River. The nature conservation status, biology and ecology of Palingenia are discussed.

1 Einleitung und Problemstellung

Dem weltweiten Verlust an biologischer Vielfalt entgegenzuwirken, gehört zweifelsohne zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Die wissenschaftliche Erforschung des Rückgangs und Aussterbens von Arten ist ein relativ neues Gebiet. Man schätzt, dass 20-50 % aller Arten bereits für immer von unserem Planeten verschwunden sind (Lugo 1992).

Umso ermutigender ist es daher, dass diese wissenschaftlichen Erkenntnisse in nationale und internationale Bemühungen zum Schutz der biologischen Vielfalt münden. Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang verschiedene

Gesetze, Verordnungen, Leitlinien, Übereinkommen und Richtlinien zum Schutz der in ihrem Bestand gefährdeten Arten, wie z. B. Tierschutzgesetz (1972), Washingtoner Artenschutzübereinkommen (1976), Ramsar- Abkommen (1976), Bundesartenschutzverordnung (1980), Bundesnaturschutzgesetz (1986), Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (1990), um nur einige zu nennen (Tittizer et al. 1992). So wurde 1992 auf der Umweltkonferenz (UNCED) in Rio auf die Gefahren, die aus dem Verlust von biologischer Vielfalt resultieren, hingewiesen und eine Konvention zur Erhaltung der biologischen Vielfalt unterschrieben. Hierdurch wurde ein weltweit wirkender Prozess eingeleitet, der zu einer gemeinsamen Lösung dieses Problems führen soll.

Als Beitrag der Europäischen Union zur Umweltkonferenz in Rio de Janeiro ist die Errichtung eines zusammenhängenden Netzes von Schutzgebieten in Europa ("Natura 2000") zu sehen. Zweck von "Natura 2000" ist die Erhaltung natürlicher Lebensräume und der gefährdeten wildlebenden Tiere und Pflanzen in verschiedenen biogeographischen Regionen der EU. Das Fundament bilden die EG-Vogelschutzrichtlinie (1979) und die FFH-Richtlinie (1992). Durch beide soll die biologische Vielfalt gefördert werden.

Vor diesem Hintergrund ist auch unser Projekt "Versuche zur Wiederansiedlung der Eintagsfliegenart *Palingenia longicauda* (Olivier) in einigen Fliessgewässern Deutschlands" zu sehen.

P. longicauda, die größte und wahrscheinlich auch eine der am längsten bekannten Eintagsfliegenart in Europa, wurde bereits im 17. Jh. in der Fachliteratur erwähnt (Clutius 1635, Swammerdam 1675, Francissen et al. 1984). Bis Anfang des 20. Jh. war sie im Rhein- und Donaueinzugsgebiet verbreitet und besiedelte die Mittel- und Unterläufe großer Fließgewässer mit tonig-schluffiger Gewässersohle. Die in Folge der Industrialisierung (Gewässerverunreinigung, Gewässererwärmung, Intoxikation), der Intensivierung der Landwirtschaft (Eutrophierung der Gewässer) und der Schiffbarmachung der Fließgewässer (Veränderung der Hydrologie und Morphologie durch Begradigung, Vertiefung und Verbreiterung, Uferbefestigung, Stauregulierung) eingetretenen Verschlechterungen der Lebensbedingungen für aquatische Organismen führten in den ersten drei Jahrzehnten des 20. Jh. zum Verschwinden dieser Art aus den Fließgewässern Westeuropas und zugleich zur drastischen Abnahme ihrer Bestände in den Fließgewässern Mitteleuropas (Tittizer et al. 1992, Tittizer & Krebs 1996). Ende der 1970er Jahre konnte die Art noch in der Unteren Donau nachgewiesen werden (Russev 1987). Danach verschwand sie auch aus diesem Lebensraum. Heute kommt sie nur noch in der Theiß und in einigen ihrer Zuflüsse (Szamos, Bodrog, Körös und Maros) sowie in einigen Kanälen der Pannonischen Tiefebene (Banat) vor.

Eine natürliche Wiederbesiedlung ehemaliger Wohngewässer findet aus dreierlei Gründen nicht statt: 1. zu schlechte Wasserqualität, 2. zu stark veränderte hydrologische und morphologische Bedingungen, 3. unüberwindbare Entfernung zwischen der Restpopulation in der Theiß und den ehemaligen Wohngewässern (Reinhold & Tittizer 1997 und 1999, Tittizer 1997 und 2001, Tittizer et al. 2000).

Hauptziel des Projektes ist die Wiederansiedlung von *Palingenia longicauda* in Deutschland. Neben diesem artenschutzrechtlichen Aspekt ist noch der fischereiliche Nutzen zu nennen: Die Larven und Nymphen dieser Eintagsfliegenart dienen vielen Fischarten als Hauptnahrung. Zu erwähnen ist auch das faszinierende Naturerlebnis während des Massenfluges in Sommer.

Aus der Literatur sind ehemalige Fundorte von *P. longicauda* in deutschen Gewässern bekannt. Eine gut dokumentierte Übersicht über das Vorkommen dieser Eintagsfliegenart in Deutschland gibt Haybach (2007). Sichere Angaben stammen von Triebke (1840) über das Vorkommen von *P. longicauda* in einem Nebenarm der Oder bei Gartz sowie von Cornelius (1848, 1862, 1864) über Funde in der Lippe bei Hamm und zwischen Lippspringe und Lünen. Dieses historisch belegte Vorkommen in der Lippe war Anlass, diesen Fluss für das Wiederansiedlungsprojekt auszuwählen.

Die noch in der Literatur dokumentierten Funde aus der Donau sind kritisch, die der Elbe und der Mosel beziehen sich höchstwahrscheinlich auf *Ephoron virgo*, eine der *P. longicauda* verwandten Eintagsfliegenarten (Haybach 2007).

Das Vorkommen von *P. longicauda* in der Theiß ist in der Literatur gut dokumentiert. Massenschwärme dieser Eintagsfliegenart wurden von Marsili bereits im Jahre 1726 gemeldet (Beretzk et al. 1957). Während über das Vorkommen und die Ausbreitung von *P. longicauda* in der Theiß bereits zahlreiche wissenschaftliche Publikationen vorliegen (Gorové 1819, Vutskits 1902, Szilárdy 1904, Ladócsi 1930, Börcsök 1944, Csongor & Móczár 1954, Csoknya & Ferencz 1972, Andrikovics et al. 1992, Andrikovics & Turcsányi 2001), sind Arbeiten über künstliche Wiederansiedlungsversuche in den ehemaligen Wohngewässern so gut wie unbekannt. In vereinzelten Publikationen wird eine natürliche Wiederbesiedlungsdynamik in der Theiß nach Umweltkatastrophen (Unfälle in den rumänischen Bergwerken Baia Mare und Baia Borsa) beschrieben (Wendling & Haybach 2003, Andrikovics et al. 2005, Regös et al. 2005).

Weitgehend unbekannt sind bis heute auch die Methoden und Techniken zur wissenschaftlich-sachgerechten Entnahme, Transport und Ansiedlung dieser Eintagsfliegenart. Dies ist eine der wichtigsten Aufgaben unseres Forschungsprojektes.

2 Zur Biologie und Ökologie von *Palingenia longicauda*

Die Biologie und Ökologie dieser Eintagsfliegenart ist relativ gut erforscht (Russev 1987). So ist bekannt, dass sie die meiste Zeit ihres Lebens als Larve im Wasser verbringt. Hier graben die Larven mit ihren Vorderbeinen im tonig-schluffigen Gewässerbett U-förmige Wohnröhren von bis zu 15 cm Länge und einem Durchmesser von 6-8 mm. Diese Wohnröhren erreichen oft eine beträchtliche Dichte von bis zu 4000/m2. Die Larven ernähren sich von der dem Ton beigemengten organischen Substanz sowie von Detritus.

Nach etwa 20 Häutungen in rund 3 Jahren ist die Entwicklung der Larven abgeschlossen. Danach findet die Metamorphose der Larven in der Nymphe statt. Die Nymphen verlassen ihre Wohnröhren und schwimmen an die Wasseroberfläche. Nach wenigen Sekunden platzt die Nymphenhaut und die Flügel der Subimago können sich entfalten. Während die Weibchen ihre vollständige Umwandlung zur geschlechtsreifen, flugfähigen Subimago an der Wasseroberfläche vollziehen, fliegen die Männchen als Subimago auf Sträucher und Bäume am Ufer und häuten sich dort noch einmal zur Imago. Nach ihrer letzten Häutung fliegen die geschlechtsreifen Männchen in Massen dicht über der Wasseroberfläche auf der Suche nach paarungswilligen Weibchen. Dieser Massenflug ist das faszinierende Naturereignis an der Theiß und findet alljährlich Mitte bis Ende Juni statt. Die Massenemergenz von *P. longicauda* wird durch eine Kombination von hohem Luftdruck, hoher Luft- und Wassertemperatur sowie einem Wechsel der Mondphasen gefördert.

Die Paarung erfolgt an der Wasseroberfläche. Kurz nach dem Paarungsakt sterben die Männchen. Im Gegensatz zu den Männchen fliegen die befruchteten Weibchen dicht über der Wasseroberfläche mehrere Kilometer flussaufwärts (Kompensationsflug, Russev 1973), berühren von Zeit zu Zeit die Wasseroberfläche und legen dabei ihre Eipakete ab. Kurz nach der Eiablage sterben auch die Weibchen.

Die Zahl der abgelegten Eier liegt zwischen 7000 und 9000/Weibchen. Die winzigen und sehr leichten Eier (360 x 150 μm) werden von der Strömung mehrere Kilometer flussabwärts transportiert, sinken dabei langsam zu Boden und bleiben dort liegen. Nur die Eier, die die für die Entwicklung der Larven erforderlichen Bedingungen vorfinden, können sich embryonal normal weiter entwickeln. Diese Entwicklung dauert in der Regel 4-6 Wochen; danach schlüpfen die Junglarven aus den Eiern und graben sich im tonigen Sediment ein, womit sich der Kreis dieser faszinierenden Entwicklung schließt (Andrikovics et al. 1992).

3 Die Eignung der Lippe als Wohngewässer für die Ansiedlung von *P. longicauda*

Um eine erfolgreiche Wiederansiedlung von P. longicauda in der Lippe zu gewährleisten, musste zuerst die Frage der Eignung dieses Gewässers für diesen Zweck beantwortet werden. Dies setzte einen Vergleich der hydrologisch-morphologischen Verhältnisse, der physikalisch-chemischen Wasser- und Sedimentbeschaffenheit sowie der artenmäßigen Zusammensetzung der Begleitfauna der Theiß und der Lippe voraus (Andrikovics & Turcsányi 2001, Staatliches Umweltamt Lippstadt 2002, Lippeverband 2006).

In der ungarischen Gewässertypologie wurde die Theiß als "Karbonatischer, feinmaterialreicher Tieflandfluss" ausgewiesen (Balázs et al. 2007). Gewässertypologisch gehört die Lippe auf dem überwiegenden Teil der Fließstrecke zum Fließgewässertyp 15 "Sandig-lehmiger Tieflandfluss" (Pottgiesser & Sommerhäuser 2004). Die Sohlsubstrate in diesem Abschnitt sind durch teilweise bindige, lehmig-schluffige Sande, lokal mit Kiesanteilen und Mergel, gekennzeichnet. Stellenweise kommt es zur Ausbildung von Kies- oder Mergelbänken. Gewässertypologisch stehen sich Theiß und Lippe sehr nahe.

Tab. 1: Anzahl der Arten oder höheren Taxa der wichtigsten Makrozoobenthosgruppen in Theiß und Lippe im Vergleich. Daten von Aufsammlungen aus 2006

Gruppe	Lippe	Theiß
Bryozoa - Moostierchen	1	1
Coelenterata - Hohltiere	1	2
Lamellibranchiata - Muscheln	19	12
Gastropoda - Schnecken	34	27
Oligochaeta - Wenigborster	19	4
Hirudinea - Egel	10	11
Crustacea - Krebse	22	10
Ephemeroptera - Eintagsfliegen	34	17
Odonata - Libellen	30	43
Heteroptera - Wanzen	13	8
Coleoptera - Käfer	39	124
Trichoptera - Köcherfliegen	69	35
Diptera: Chironomidae - Zuckmücken	63	151
Summe	354	445

Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Taxazahlen der wichtigsten Makrozoobenthosgruppen in beiden Flüssen. Insgesamt wurden 2006 in der Theiß 445 Taxa gefunden, in der Lippe 354. Die Unterschiede in den Besiedlungsbildern können im wesentlichen durch unterschiedliche Bearbeitungsintensität in Bezug auf die einzelnen Gruppen erklärt werden. So wurden z. B. die Wasserkäfer in der Theiß mit 124 Taxa wesentlich intensiver besammelt und bestimmt als bei den Routineaufnahmen des Lippeverbandes (39 Taxa). Umgekehrt stehen den 35 Köcherfliegenarten der Theiß 69 in der Lippe gegenüber (hier wurde diese

für die saprobielle Bewertung wichtige Ordnung intensiver bearbeitet). Anmerkung: Gesamtartenlisten beider Flüsse können bei den Autoren angefragt werden.

Auffällig ist der hohe Anteil gemeinsamer wirbelloser Arten in beiden Flüssen: 145 Arten oder höhere Taxa des Makrozoobenthos sind beiden Flüssen gemeinsam, dies sind etwa 40 % der Wirbellosenfauna der Lippe und etwa ein Drittel der Theiß. Unter diesen Arten befinden sich eine Reihe charakteristischer Leitarten und Begleiter für die Gewässertypen der sand- bzw. lehmgeprägten Flüsse wie z. B. die Großmuscheln *Anodonta cygnea* und *Unio pictorum,* die Schnecke *Theodoxus fluviatilis,* die Eintagsfliegen *Ephoron virgo, Heptagenia flava* und *H. longicauda*, die Libelle *Gomphus vulgatissimus*, die Käfer *Brychius elevatus* und *Hygrotus versicolor* sowie die Köcherfliegen *Oecetis notata* und *Psychomyia pusilla*.

Die Theiß zeigt ihren eigenen faunistischen Charakter aufgrund ihrer Lage in einer anderen Ökoregion in einer Reihe pontokaspischer Arten, von denen allerdings einige (z. B. *Dikerogammarus villosus*) den Weg auch in die Lippe gefunden haben.

In den 1970er Jahren war die Lippe – wie die meisten Flüsse Mitteleuropas – als Folge des raschen Wachstums der Abwasserlast in ihrer Wasserbeschaffenheit und der biologischen Besiedlung in einem schlechten Zustand. Durch den Kläranlagenausbau wurde seitdem eine erhebliche Verbesserung erreicht, die sich auch in der Lebensgemeinschaft des Flusses widerspiegelt, die wieder rund 350 wirbellose Tierarten und 45 Fischarten umfasst. Im Einzugsgebiet der Lippe wurden in den letzten Jahren insgesamt etwa 600 Arten der Wirbellosenfauna nachgewiesen (Lippeverband 2006). Der saprobielle Zustand der Lippe ist heute auf dem größten Teil der Fließstrecke als "gut" (Güteklasse II) zu bezeichnen (Robert & Sommerhäuser 2007). Die Wasserbeschaffenheit weist bei den meisten Messgrößen eine vergleichsweise gute Qualität auf. Erhöhungen gibt es im Wesentlichen bei den Nährstoffen Phosphat und Nitrat und - ab etwa Hamm - beim Chloridgehalt (Grubenwassereinleitungen) und der Wassertemperatur (Erhöhung durch Kühlwassernutzung).

Im Abschnitt Lippstadt-Hamm (die eigentliche Auswilderungsstrecke für *P. longicauda*) ist die Wasserbeschaffenheit weitgehend unbeeinträchtigt, wie regelmäßige Untersuchungen sowie die Dauermessungen der Kontrollstation des Lippeverbandes zeigen. Die Analysen weisen für die wesentlichen geochemischen Parameter eine große Übereinstimmung zwischen Lippe und Theiß aus (Tab. 2); bei der Theiß fallen im Vergleich zur Lippe ein etwas höherer Stickstoffgehalt sowie ein höherer Eisengehalt auf. Die Lippe ist hingegen kalkreicher und weist tendenziell einen höheren pH-Wert auf. Hinsichtlich Chlorid und Temperatur sind beide Flüsse vergleichbar. Auch hinsichtlich der organi-

schen Substanz in den Sohlsubstraten zeigen sich Ähnlichkeiten zwischen Lippe und Theiß. Wasserführung und Wasserstand weisen die Theiß als tiefer und abflussreicher aus als die Lippe.

Tab. 2: Vergleich physikalisch-chemischer Kennwerte der Wasserbeschaffenheit und des Sedimentes von Theiß und Lippe im Bereich der Entnahme- bzw. Auswilderungsstellen von *Palingenia longicauda*. Daten aus monatlichen Messungen 2004-2007, Sedimentuntersuchung einmalig 2007

Kennwert	Einheit	Theiß Min. - Max.	Lippe Min. - Max.
Wassertemperatur	T [°C]	4,7-24,0	4,6 - 23,8
Sauerstoff	O_2 [%]	5,4 - 12,3	9,1 - 11,8
pH-Wert		6,7 - 8,3	7,9 - 8,4
El. Leitfähigkeit	[µS/cm]	145 - 645	595 - 827
Gesamthärte	[°d. H.]	3,2 - 8,2	16,3 - 17,9
Eisen	Fe^{2+} [mg/l]	0,02 - 3,9	0,16 - 0,86
Ammonium	NH_4^+ [mg/l]	<0,1 - 3,8	<0,1 - 0,17
Nitrat	NO_3^- [mg/l]	0,3 - 30	4,0 - 7,0
Phosphat	PO_4^{2-} [mg/l]	<0,05 - 1,0	0,05 - 0,15
Chlorid	Cl^- [mg/l]	7,0 - 85,0	35 - 81
Sulfat	SO_4^{2-} [mg/l]	0,9 - 65	30 - 47
Wasserführung	[m_3/s]	107 - 2160	7,6 – 328
Wasserstand	[cm]	280 - 687	58 - 400
Sediment, TOC	[%]	0,5	1,5
Sediment, Glühverlust	GV [%] 550 °C	3,2	1,7

Durch Freilanduntersuchungen und Laborexperimente konnten bereits einige Fragen hinsichtlich der Ansprüche dieser Eintagsfliegenart an ihre Umwelt beantwortet werden. So wurde die Abhängigkeit ihres Vorkommens und ihrer Besiedlungsdichte von der Wasserqualität, von der Korngröße und der stofflichen Zusammensetzung der Sedimente, der Gewässertiefe sowie der Fliessgeschwindigkeit geklärt (Andrikovics et al. 1992, Andrikovics & Turcsányi 2001, Landolt et al. 1995). Die Kenntnis dieser Lebensansprüche erlaubte uns die richtige Auswahl geeigneter Abschnitte an der Lippe, in denen eine Wiederansiedlung theoretisch möglich ist.

Das eigentliche Auswilderungsgebiet für die Larven von *P. longicauda* befindet sich in einem vergleichsweise naturnahen, noch oberhalb industrieller Gewässernutzungen oder Einleitungen gelegenen Abschnitt der Lippe. Die Lippe wird in diesem Bereich auf langen Teilstrecken seit 1990 naturnah zurückgebaut. Dazu wurden Verbreiterungen des Flussbettes in Verbindung mit einer Sohlanhebung vorgenommen (Klostermersch) oder Ufer durch Entfernung von technischen Verbauungsmaterialien (vor allem Wasserbausteinen) "entfesselt" (Disselmersch). Durch eigendynamische Weiterentwicklung haben sich seitdem, besonders bei Hochwässern, zahlreiche Gewässerstrukturen wie Steilufer, Gleithänge, Inseln und Totholzverklausungen ausgebildet (Abb. 1).

Abb. 1: Ufer der Lippe mit Abbruchkante

Abb. 2: *Palingenia longicauda*. Häutung einer Subimago

Bei speziellen Untersuchungsprogrammen zur Erfolgskontrolle dieser Verbesserungsmaßnahmen wurden in diesem Abschnitt einige anspruchsvolle, flusstypische Arten gefunden, z. B. die Eintagsfliege *Ephoron virgo* oder die Libelle *Gomphus vulgatissimus*.

4 Die Umsiedlung von Larven von *P. longicauda* von der Theiß in die Lippe. Arbeiten im Freiland und im Labor

Wegen günstiger Witterungsverhältnissen begann 2007 die Massenemergenz von *Palingenia longicauda* zwei Wochen früher als im Jahr zuvor. Die ersten Meldungen einer Massenemergenz kamen von der Maros (Zufluss der Theiß) und von der Unteren Theiß (Raum Szeged) im Zeitraum 4.-7. Juni 2007. An der Mittleren Theiß, bei Tiszafüred, konnte am 11. Juni ein Vorschwärmen beobachtet werden. Die Hauptemergenz fand am 12. und 13. Juni statt.

4.1 Fang begatteter Weibchen an der Theiß, Einsammeln der Eier und Transport

Die ersten männlichen Subimagines stiegen am frühen Nachmittag aus dem Wasser empor, um sich an Land ihrer letzten Häutung zum Imago zu unterziehen (Abb. 2). Innerhalb der nächsten Stunden stieg die Anzahl männlicher Imagines ständig an. Ufernah und mit geringem Abstand zur Wasseroberfläche flogen sie auf beiden Seiten des Flusses auf der Suche nach paarungsbereiten Weibchen, die erst später aus dem Wasser emporstiegen. Am späten Nachmittag konnten an der Wasseroberfläche in den Randzonen der Theiß zahlreiche Männchen und Weibchen beobachtet werden. Es bildeten sich regelrechte "Trauben", indem mehrere Männchen gleichzeitig versuchten, ein Weibchen zu begatten. Nach ihrer Befruchtung befreiten sich die Weibchen aus der Umklammerung der Männchen, flogen zuerst in Richtung Flussmitte, um von dort aus ihren flussaufwärts gerichteten Kompensationsflug zu beginnen (Abb. 3). Dabei berührten sie von Zeit zu Zeit die Wasseroberfläche und legten stets ein Teil ihrer Eipakete ab.

Kurz nach dem Paarungsakt starben die Männchen, "womit ihr Lebensraum, die Theiß, zu ihrem Grab wurde" (ungarisches Volkslied). Die toten Tierkörper der männlichen Imagines, gemeinsam mit ihren abgestreiften Nymphenhäuten, bildeten an der Wasseroberfläche einen weiß-grau-bräunlichen "Teppich", die so genannte "Theißblüte", die dann von der Strömung flussabwärts getrieben wurde. Nach der Eiablage starben auch die Weibchen und trugen somit zur Bildung der "Theißblüte" bei.

Abb. 3: *Palingenia longicauda*. Kompensationsflug der befruchteten Weibchen

Während des Kompensationsfluges konnten wir etwa 9000 befruchtete Weibchen mit Handnetzen von Booten aus fangen. Die eingefangenen Weibchen wurden sofort in verschließbare Kunststoffboxen überführt, die zu einem Viertel mit Wasser aus der Theiß gefüllt waren. In diesen Boxen erfolgte auch die (erzwungene) Eiablage. Auf diese Weise konnten etwa 80 Millionen Eier gewonnen werden. Makroskopisch waren die Eier als gelbe Masse zu erkennen, die sich am Boden der Boxen absetzte. Für den Transport nach Deutschland wurde ein Teil der Eier in mit Theißwasser gefüllte Kühlboxen überführt, die durch Luftpumpen und Lüftersteine ständig belüftet wurden. Der Großteil der zu transportierenden Eier wurde jedoch in spezielle Tüten (Breathing Bags, Fa. Kordon, USA) gefüllt, die für den Versand von lebenden Fischen und Makroinvertebraten verwendet werden. Diese Tüten sind sehr reißfest und dehnbar und haben außerdem die Eigenschaft, dass sie für CO2 und O2 durchlässig sind. So wurde sichergestellt, dass ein Gasaustausch zwischen dem Transportwasser in den Tüten und der umgebenden Luft stattfindet. Zur Thermoisolierung wurden die Tüten in Styroporkisten mit Füllwatte gepackt. Die Füllwatte diente zum einen der Polsterung der Transporttüten und zum anderen verhinderte sie, dass die Tüten zu dicht aneinanderlagen, was den Gasaustausch verringert hätte. Die Temperatur in den Styroporkisten konnte durch digitale Thermometer mit Temperatursonde kontrolliert werden, ohne das die Kistendeckel geöffnet werden mussten. Bei Feststellung einer Temperaturerhöhung wurden Kühlakkus in die Styroporkisten gepackt. Die Klimaanlage des Transportfahr-

zeuges trug ebenfalls dazu bei, dass die Temperatur in den Styroporkisten weitgehend konstant gehalten werden konnte.

Beide Methoden erwiesen sich als sehr gut geeignet für den Transport der Eier. Die Temperatur innerhalb der Transportbehälter wich bei Ankunft in Deutschland nur unwesentlich von der Anfangstemperatur ab (± 2 °C). Eine Beschädigung des Eimaterials durch den Transport konnte nicht festgestellt werden.

4.2 Erbrütung der gesammelten Eier im Labor

Die Erbrütung der Eier erfolgte im Labor des Zoologischen Institutes der Universität Bonn. Hierfür wurden die Eier in verschiedenen Apparaturen bei unterschiedlicher Temperatur erbrütet. Dabei sollte festgestellt werden, ob die Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer der Embryonalentwicklung hat.

Die Mehrzahl der Eier wurde auf 15 Zugergläser (eine Apparatur, die auch zur Eierbrütung in der Fischzucht verwendet wird), verteilt (Abb. 4). Die Zugergläser wurden von der Unterseite her mit Luft beschickt, wodurch die Eier mit Sauerstoff versorgt und ständig in der Schwebe gehalten wurden. Die Bildung sauerstoffarmer Bereiche in den Zugergläsern konnte somit verhindert und einer Verpilzung der Eier entgegengewirkt werden.

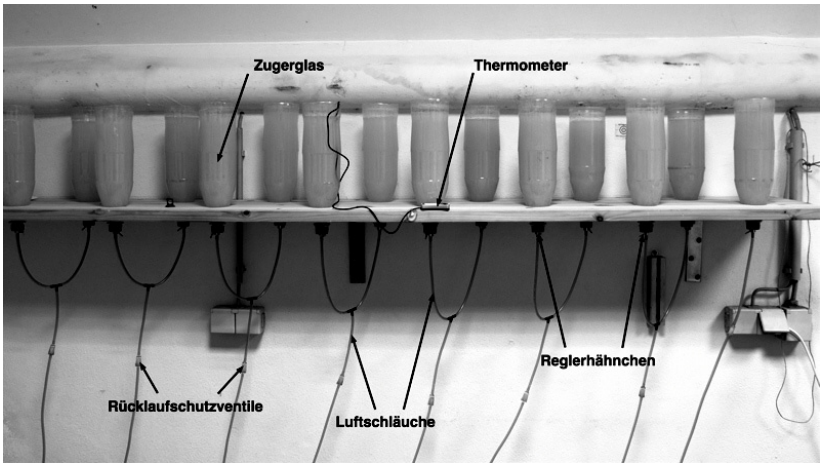

Abb. 4: Erbrütungsapparatur

Ein geringer Teil der Eier wurde in belüfteten und unbelüfteten Aquarien erbrütet. In den unbelüfteten Aquarien konnte nach einigen Tagen ein Pilzbefall der Eier festgestellt werden, der jedoch mit einem Malachitgrünoxalat-Ge-

misch erfolgreich behandelt werden konnte. Ein weiterer Teil der Eier wurde in MacDonald-Gläsern bei zwei unterschiedlichen Temperatureinstellungen erbrütet.

Die Embryonalentwicklung dauerte in den verschiedenen Erbrütungseinheiten bei verschiedener Temperatur unterschiedlich lang (Abb. 5). In der Literatur ist die Dauer der Embryonalentwicklung von *P. longicauda*, unter Laborbedingungen bei 20-25 °C Wassertemperatur mit 4 bis 6 Wochen angegeben (Unger 1927). In Experimenten von Landolt et al. (1997) dauerte die Embryonalentwicklung bei 20 °C, 39-46 Tage. In unseren Versuchen schlüpften die ersten Junglarven in den beheizten Aquarien bei durchschnittlich 26,7 °C Erbrütungstemperatur, bereits nach 18 Tagen. In den MacDonald Gläsern, bei 24,2 °C dauerte die Embryonalentwicklung 20 Tage und bei 23,3 °C 21 Tage. In den unbeheizten Aquarien bei 22 °C wurde die Entwicklung nach 24 Tagen und in den Zugergläsern bei 21,4°C nach 26 Tagen abgeschlossen. Demnach ist die Dauer der Embryonalentwicklung von *P. longicauda* eindeutig temperaturabhängig und verkürzt sich mit zunehmender Temperatur. Diese Korrelation ist auch schon bei anderen Ephemeroptera-Arten beschrieben worden (Bohle 1969).

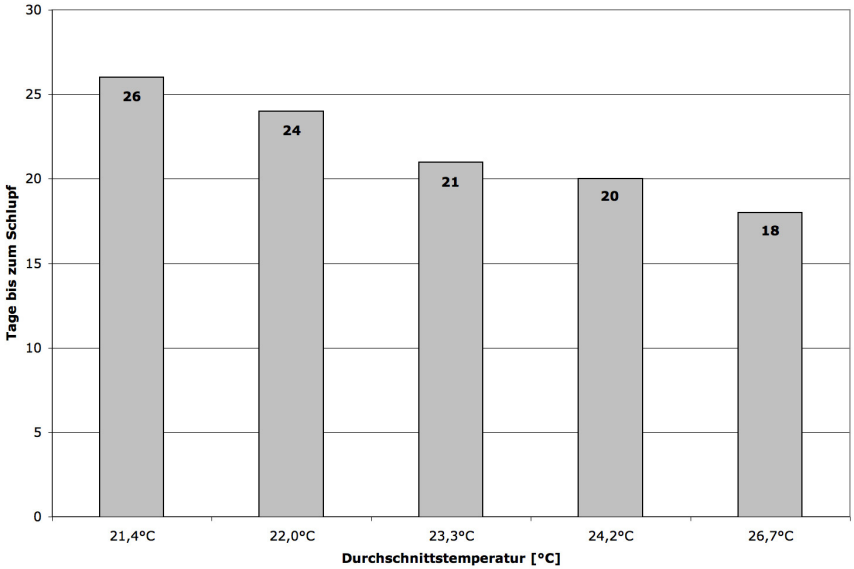

Abb. 5: Korrelation zwischen der Erbrütungstemperatur und der Dauer der Embryonalentwicklung von *Palingenia longicauda*

In einer Bildfolge (Abb. 6 und 7) werden einzelne Stadien der Embryonalentwicklung kurz beschrieben . Dabei handelt es sich lediglich um eine Auswahl von allen dokumentierten Entwicklungsstadien (Fey 2008).
Bild 1: Ei, 2 Tage nach der Eiablage. Dieses Stadium zeigt das Maximum der Dotterkontraktion. Gut zu erkennen ist die Haftscheibe (Hs) des Eis, die vermutlich der Verankerung des Eis am Substrat dient.
Bild 2: Ei, 9 Tage nach der Eiablage. Deutlich zu erkennen ist die Dotterfurchung. Die rechts auf dem Dotter gelegene Verdickung zeigt einen optischen Schnitt durch den Keimstreif (Kstr). Dieser bildet sich durch einseitige Verlängerung der Keimscheibe.
Bild 3: Dieses Stadium zeigt die beginnende Ausrollung des Keimstreifs. Der Kopflappen (KL), das Abdomen (Abd) und die Antenne (A) sind gut erkennbar.
Bild 4: Die Differenzierung einzelner Körperteile ist bereits fortgeschritten. Zu erkennen sind das Komplexauge (Ac), die Antennen (A), die Mandibeln (Md), die Maxillen (Mx), der Thorax (1, 2, 3) und der Rest vom Dotter (UD), der vom Darm umschlossen wird (vgl. dunkel erscheinender Darminhalt der frisch geschlüpften Larve in Bild 5).

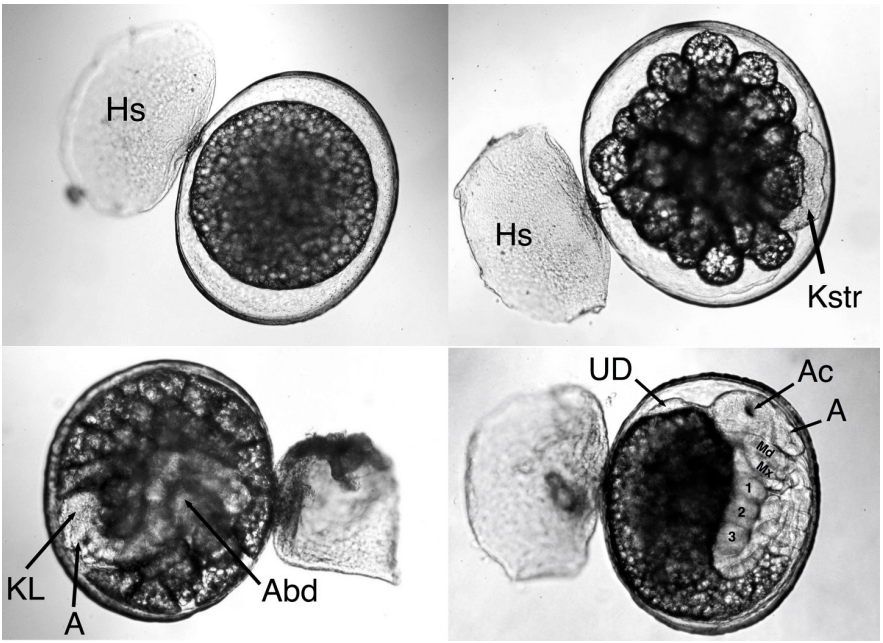

Abb. 6: Ausgewählte Stadien der Embryonalentwicklung von *Palingenia longicauda*

Abb. 7: Junglarve von *Palingenia longicauda*

Bild 5: Frisch geschlüpfte Larve. Bis auf die Tracheenkiemen und die Differenzierung des 1. Beinpaares und der Mandibeln zu Grabschaufeln sind alle Körperteile vorhanden. Man erkennt noch deutlich die Reste des Dotters (schwarz), die vom Darm umschlossen wurden.

Nach erfolgreichem Schlupf wurde die Weiterentwicklung der Larven unter Laborbedingungen verfolgt.

4.3 Einsatz der erbrüteten Junglarven in die Lippe

Am 11. Juli 2007 fand der Einsatz der Junglarven in der Lippe statt. Der Transport der Larven vom Labor bis zur Lippe erfolgte in Plastik-Aquarien unter ständiger Luftzufuhr. Zur Thermoisolierung dienten Styroporboxen, die auch für den Lebendfischversand verwendet werden. Unmittelbar vor dem Einsatz der Larven in die Lippe wurde das Transportwasser in den Aquarien mit Wasser aus der Lippe vermischt und so eine stufenweise Angleichung der Temperatur erreicht. Auch wurde eine Prüfung der Vitalität der Larven vorgenommen. Eine Schädigung der Larven konnte dabei nicht festgestellt werden.

Die Auswahl der Einsatzbereiche der Larven in der Lippe erfolgte nach folgenden Kriterien: geringe Strömung, tonig-lehmige Gewässersohle und gute Anheftungsmöglichkeiten für die Larven.

Für das Einbringen der Larven in die Lippe wurde eine eigene Technik entwickelt und erprobt. Kunststoffrohre mit einer Länge von 60 cm und einem Durchmesser von 160 mm wurden in die lehmige Sohle der Lippe gedrückt und anschließend eine definierte Zahl von Junglarven aus den Transportaquarien vorsichtig in die einzelnen Rohre eingebracht (Abb. 8). Nach etwa 5 Minuten, (die Zeit, in der sich die Junglarven in das lehmige Sediment eingruben)

wurden die Rohre entfernt und flussabwärts versetzt. Der Vorteil dieser Technik bestand darin, dass die Junglarven vor dem Eingraben nicht von der Strömung verdriftet werden konnten.

Abb. 8: Einbringen der Junglarven von *Palingenia longicauda* in die Lippe

4.4 Entnahme von Larven aus der Theiß und Einsatz in der Lippe

Langjährige Beobachtungen der Massenschwärme gaben uns Anhaltpunkte über die Bestandsdichte und Verteilung von *P. longicauda* in der Theiß. Dies ermöglichte die gezielte Ermittlung und Festlegung von dicht besiedelten Bereichen der Gewässersohle aus denen die Entnahme der Larven erfolgen sollte. Der günstigste Zeitpunkt für die Entnahme der Larven ist der Niedrigwasserstand imSpätsommer/Frühherbst.

Unter optimalen Witterungsverhältnissen und bei normalem Wasserstand konnten an der Mittleren Theiß (Raum Tiszafüred) Mitte Oktober 2007 rund 1500 1- und 2-jährige Larven gesammelt werden. Die Larvenentnahme erfolgte vom Boot aus mit einem speziell für diesen Zweck entwickelten Tonstecher (Abb. 9). Die so gesammelten Larven wurden in Kühlboxen unter ständiger Luftzufuhr mit dem Auto nach Deutschland transportiert.

Die Ansiedlung der Larven in der Lippe erfolgte am 21. Oktober 2007 bei Lippborg. Zum Aussetzen der Larven kam die bereits bei den erbrüteten Junglarven bewährte Rohrtechnik zum Einsatz. Die in die Rohre eingebrachten Larven konnten sich in das Sohlsediment der Lippe eingraben, ohne dass sie von der Strömung abgedriftet wurden. Diese Methode hatte weiterhin den Vor

Abb. 9: Tonstecher zur Entnahme der *Palingenia*-Larven aus der Theiß

teil, dass man beobachten konnte, wie sich die Larven aus eigener Kraft im Substrat eingruben und so ihren Feinden zu entkommen. Der Vorgang des Eingrabens dauerte nur wenige Minuten.

Der Versuch, die Larven in perforierten Kunststoffboxen zu exponieren, und diese auch für das Monitoring zu verwenden, ist wegen des erhöhten Wasserstandes, und der damit verbundenen höheren Schleppkraft des Wassers, fehlgeschlagen.

Nach der Umsiedlung der Larven in die Lippe erfolgt ab Frühjahr 2008 eine kontinuierliche Beobachtung ihrer Weiterentwicklung. Wegen des überwiegend 3-jährigen Entwicklungszyklusses von *P. longicauda* werden diese Beobachtungen mindestens 2 Jahre dauern.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Wiederansiedlungsexperimente von *P. longicauda* in der Lippe wird der Versuch unternommen, der stetigen Abnahme der biologischen Vielfalt in Mitteleuropa entgegenzuwirken. Die für eine natürliche Ausbreitung dieser Eintagsfliegenart unüberwindbare Entfernung zwischen der Restpopulation in der Theiß und ihren ehemaligen Wohngewässern in Deutschland (Lippe und Oder), soll durch menschliches Zutun überbrückt werden. Ein im Vorfeld der Umsiedlung durchgeführter Vergleich zwischen der Theiß und der Lippe, zeigt eine weitgehende Übereinstimmung der hydrologisch-morphologischen und physikalisch-chemischen Bedingungen sowie auch ihrer Lebensgemeinschaften.
Für die Wiederansiedlung kamen zwei verschiedene Methoden zum Einsatz: Zum einen wurden wurden befruchtete Weibchen gefangen, deren Eier erbrü-

tet und die Junglarven in die Lippe ausgesetzt, zum anderen wurden 1- und 2-jährige Larven aus der Theiß entnommen und umgesiedelt.

Nun ist zu hoffen, dass sowohl die erbrüteten Junglarven als auch die 1- und 2-jährigen Larven in der Lippe die für sie erforderlichen Lebensbedingungen vorfinden und in den kommenden Monaten und Jahren einen stabilen Bestand aufbauen. Diese Entwicklung wird von uns in der Folgezeit durch regelmäßiges Monitoring verfolgt.

Um den Larvenbestand in der Lippe zu sichern, werden 2008 erneut befruchtete Weibchen in Ungarn gefangen und deren Eier erbrütet. Die Erbrütungsapparatur wird weiter modifiziert und perfektioniert, z.B. durch die Verwendung von MacDonald-Gläsern. Auch werden wiederholt 1- und 2- jährige Larven aus der Theiß gesammelt und in die Lippe umgesiedelt.

Literatur

Andrikovics, S., T. J. Fink & B. Cser (1992): Tiszavirág monográfia, Palingenia longicauda (Olivier, 1791).- Tisza Klub Füzetek 2: 1-35, Szolnok

Andrikovics, S., J. Regös & T. Tittizer (2005): A tiszavirág (Palingenia longicauda) természetvédelmi státusza, anyagforgalmi jelentősége és a visszatelepités lehetöségei.- Acta Academiae Paedagogicae Agriensis 32: 78-85, Eger

Andrikovics, S. & I. Turcsányi (2001): Tiszavirág.- Tisza Klub Füzetek 10: 1-69, Szolnok

Beretzk, P., G. Csongor, A. Horvát, A. Kárpáti, G. Kolozsváry, M. Szabados & M. Székely (1957): Das Leben der Tisza I. Über die Tierwelt der Tisza und ihrer Inundationsgebiete.- Acta Biologica Szeged 3: 81-108, Szeged

Bohle, H. W. (1969): Untersuchungen über die Embryonalentwicklung und die embryonale Diapause bei Baetis vernus Curtis und Baetis rhodani Pictet (Baetidae, Ephemeroptera).- Zoologische Jahrbücher. Anatomie und Ontogenie der Tiere 86: 493-575, Berlin

Börcsök, M. (1944): A tiszavirág rajzása Szegeden 1943-ban.-Az Alföldi Tudományos. Intézet Évkönyve 1: 303-308, Szeged ausschreiben

Csoknya, M. & M. Ferencz (1972): A study of Palingenia longicauda (Oliv.) (Ephemeroptera) in the zoobenthos of the Tisza and Maros.- Tiscia 7: 47-57, Szeged

Csongor, Gy. & L. Móczáz (1954): A tiszavirág.- Múzeumi füzetek 6: 1-31, Budapest

Cornelius, C. (1848): Beiträge zur näheren Kenntnis der Palingenia longicauda (Oliv.).- 37 pp., (Büschler'sche Verlagsbuchhandlung) Elberfeld

Cornelius, C. (1862): Libellenzüge im Bergischen.- Entomologische Zeitung 23: 463-466, Stettin

Cornelius, C. (1864): Vortrag über die entomologischen Verhältnisse Westfalens.- Correspondenzblatt des Naturhistorischen Vereins der Preußischen Rheinlande und Westfalens 21: 54-71, Bonn

Fey, D. (2008): Laborversuche und Freilandexperimente zur Wiederansiedlung der Eintagsfliegenart Palingenia longicauda (Olivier, 1791) in Deutschland.- 60 pp., Diplomarbeit an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Francissen, F. P. M. & A. W. M. Moll (1984): Augerius Clutius and his "de Hemerobio", an early work on Ephemeroptera.- 128 pp., (Basiliskenpresse) Marburg

Gorové, L. (1819): Egy különös tüneménynek, az úgy nevezett Tisza-virágzásának leirása.- Tudományos Gyüjtemény 8: 3-22, Budapest

Haybach, A. (2007): Hinweise auf ein historisches Vorkommen von Palingenia longicauda (Olivier, 1791) in Bayern (Insecta: Ephemeroptera).- Lauterbornia 59: 77-83, Dinkelscherben

Ladócsi, K. (1930): A Tiszavirág Palingenia longicauda (Oliv.) 1929-évi nászrepülése Szegeden.- Halászat 31: 5-6, 18-19; 7-8, 28-30; 9-10, 39-40, Szeged

Landolt, P., M. Sartori, C. Elpers & I. Tomka (1995): Biological studies on Palingenia longicauda (Olivier) (Ephemeroptera: Palingeniidae) in one of its last European refuges - Feeding habits, ethological observations and egg structure.- In: Corkum, L. & J. J. Ciborowski (eds): Current directions in research on Ephemeroptera.- Proceedings of the 7th International Conference on Ephemeroptera. Maine 1992: 273-281, Toronto

Landolt, P., M. Sartori, & D. Studemann (1997): Palingenia longicauda (Ephemeroptera, Palingeniidae): from mating to the larvulae stage.- In: Landolt, P. & Sartori, M. (eds): Ephemeroptera & Plecoptera: Biology - Ecology - Systematics: 15-20, Fribourg

Lippeverband (ed.) (2006): Fließgewässer im Lippeverbandsgebiet, Biologie-Beschaffenheit-Bachsysteme.- 70 pp., (Schrörers) Essen

Lugo, A. E. (1992): Schätzung des Rückgangs der Artenvielfalt tropischer Wälder.- In: Wilson, E. O. (ed.): Ende der biologischen Vielfalt?: 76-89.- (Spektrum Akademischer Verlag) Heidelberg

Marsili, L. (1726): Danubius Pannonico-Mysicus, observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis et physicis.- De insectis IV: 1-125, Haga, Amsterdam

Oertel, N., J. Nosek & S. Andrikovics (2001): Mesterséges alzatok alkalmazása a kolonizáció vizsgálata során.- Hidrologiai Közlöny 81: 438-440, Budapest

Pottgiesser, T. & M. Sommerhäuser (2004): Die Fließgewässertypologie Deutschlands: System der Gewässertypen und Steckbriefe zu den Referenzbedingungen.- In: Handbuch der Angewandten Limnologie 19, VIII-2, 61 pp. (Ecomed) Landsberg

Regös, J., É. Milinki, J. Mester, Z. Murányi & S. Andrikovics (2005): Tiszavirág lárvák és más tiszai szervezetek ciánérzékenységéről.- Acta Academiae Paedagogicae Agriensis 32: 159-167, Eger

Reinhold, M. & T. Tittizer (1997): Zur Rolle von Schiffen als Vektoren beim Faunenaustausch Rhein/Main/Main-Donau-Kanal/Donau.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 41: 199-205, Koblenz

Reinhold, M. & T. Tittizer (1999): Verschleppung von Makrozoen durch Kühlwasserfilter eines Schiffes.- Wasser und Boden 51/1+2: 61-66, Berlin

Robert, S. & M. Sommerhäuser (2007): Die Köcherfliegenfauna (Insecta: Trichoptera) der Lippe (Nordrhein-Westfalen). Aktuelle Situation und Rückschau der letzten 35 Jahre.- Lauterbornia 61: 101-110, Dinkelscherben

Russev, B. (1973): Kompensationsflug bei der Ordnung Ephemeroptera.- Proceedings of the 1st International Conference on Ephemeroptera: 132-142, Leiden

Russev, B. (1987): Ecology, life history and distribution of Palingenia longicauda (Olivier) (Ephemeroptera).- Tijdschrift voor Entomologie, s'Gravenhage

Swammerdam, J. (1752): Bibel der Natur (Haft, Uferaas): 100-114.- J. F. Gleditschens Buchhandlung, Leipzig

Staatliches Umweltamt Lipptadt (ed.) (2002): Die Klostermersch, Ein Fluss erobert seine Aue zurück.- 20 pp., (Westkämper) Lippetal-Herzfeld

Szilárdy, Z. (1904): Tiszavirág Debreczenben.- Rovartani Lapok XI/9: 195-196, Debrecen

Tittizer, T. (1997): Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den europäischen Wasserstrassen, erläutert am Beispiel des Main-Donau-Kanals. - Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4: 113-134, Wien

Tittizer, T. (1999): Makrozoobenthos.- In: v. Tümpling, W. & G. Friedrich (eds): Biologische Gewässeruntersuchung: 133-152, (G. Fischer Verlag) Jena

Tittizer, T. (2001): Neozoen in mitteleuropäischen Gewässern.- In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie Bd.22 "Gebietsfremde Arten, die Ökologie und der Naturschutz": 59-74, München

Tittizer, T., D. Fey, M. Sommerhäuser & S. Andrikovics (2007): Laborversuche und Freilandexperimente zur Wiederansiedlung der Eintagsfliegenart Palingenia longicauda (Olivier) in der Lippe.- Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Tagungsbericht 2006, Dresden: 245-250, Werder

Tittizer, T. & F. Krebs (1996): Ökosystemforschung. Der Rhein und seine Auen - eine Bilanz.- 516 pp.+ 2 Disketten, (Springer Verlag) Berlin

Tittizer, T., M. Schleuter, A. Schleuter, C. Becker, H. Leuchs & F. Schöll (1992): Aquatische Makrozoen der "Roten Liste" in den Bundeswasserstrassen.- Lauterbornia 12: 57-102, Dinkelscherben

Tittizer, T., F. Schöll, M. Banning, A. Haybach & M. Schleuter (2000): Aquatische Neozoen im Makrozoobenthos der Binnenwassertrassen Deutschlands.- Lauterbornia 39: 1-72, Dinkelscherben

Triebke, F. (1840): Einige Bemerkungen über Ephemera flos-aquae Illiger.- Stettiner Entomologische Zeitschrift 1: 54-58, Stettin

Vutskits, Gy. (1902): Tiszavirág a Zala torkolatán.- Állattani Közlöny 1: 115-116, Budapest

Wendling, K. & A. Haybach (2003): Notizen zu einigen Eintagsfliegen (Insecta: Ephemeroptera) aus der Theiß in Ungarn nach dem Cyanid-Unfall in Baia Mare (Rumänien) im Jahre 2000.- Lauterbornia 46: 77-81, Dinkelscherben

Anschriften der Verfasser:
Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas Tittizer, Institut für Zoologie, Poppelsdorfer Schloß, D-53115 Bonn
Dipl.-Biol. Daniel Fey, Im Rosenhag 1a, D-53125 Bonn
Dr. Mario Sommerhäuser, Lippeverband, Kronprinzenstraße 24, D-45128 Essen
Dipl.-Biol. Kristóf Málnás, Debreceni Egyetem, Egyetem tér 1, H-4032 Debrecen
† Prof. Dr. Sándor Andrikovics, Eszterházi Károly Föiskola, Eszterházi tér 1, H-3300 Eger

Manuskripteingang: 2008-05-04