



Wiederansiedlung von Steinfliegen (Plecoptera) im Rhein bei Basel

Heinz Handschin
Martina Brügger
Daniel Küry

Wiederansiedlung von Steinfliegen (Plecoptera) im Rhein bei Basel

Heinz Handschin
Martina Brügger
Daniel Küry

Gelterkinden und Basel
Oktober 2009



Inhalt

Einleitung	5
Steinfliegen (Plecoptera)	6
Systematik	7
Entwicklung der Steinfliegen	8
Entwicklung des Zustands des Hochrheins	10
Wiederansiedlung von Plecoptera im Hochrhein bei Basel	14
Suche nach einem Herkunftsgewässer	15
Vergleich Rhein-Doubs	15
Biologie von <i>Dinocras megacephala</i>	18
Vorgehen bei der Wiederansiedlung	20
Ausblick: Entwicklung der Steinfliegenbestände im Rhein	27
Literatur	30

Einleitung

Die zunehmende Nutzung der Landschaft durch den Menschen führte dazu, dass sich die Struktur und das Ökosystem der Seen und Flüsse zusehends veränderten. Die Flussbegradigungen im 19. Jahrhundert, die Errichtung von Kraftwerken und Staustufen sowie die Gewässerschmutzungen verschlechterten die Lebensbedingungen für die Kleintiere und Fische im Wasser dramatisch. Dies betraf insbesondere auch den Hochrhein bei Basel. Unter den Insekten haben speziell die Steinfliegen (Plecoptera) die grösste Artenreduktion erfahren. Untersuchungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeigten eine vielfältige Fauna mit 13 Steinfliegenarten im Hochrhein (Neeracher 1910). In den 1970er- und 1980er-Jahren sind sie aufgrund der anthropogenen Veränderungen des Fließgewässers sowie der Gewässerverschmutzungen im Raum Basel praktisch ausgestorben. Die seit den 1960-er Jahren im Rahmen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) betriebenen Gewässerschutzanstrengungen im Rhein wurden nach dem Brandfall von Schweizerhalle im November 1986 erheblich intensiviert. Bereits 1987 beschlossen die Minister der Rheinanliegerstaaten das «Aktionsprogramm Rhein 2000», welches neben der Verbesserung der Wasserqualität auch das Ziel hatte, die Schadstoffbelastung zu reduzieren sowie die Rückkehr des Lachses und anderer verschwundener Lebewesen (z. B. Plecoptera) in den Rhein zu fördern. Die Ziele der Verbesserung der Wasserqualität und Reduktion der Schadstoffbelastung konnten nach wenigen Jahren erreicht werden (IKSR 2003). Die Wiederbesiedlung von ausgestorbenen Arten gestaltete sich dagegen als eher schwierig.

Die nachfolgende Darstellung dokumentiert einen Wiederansiedlungsversuch von Steinfliegen im Hochrhein bei Basel, der Anfang der 1990er-Jahre durchgeführt wurde. Er zeigt den Versuch mit Hilfe künstlicher Verpflanzung eine ausgestorbene Tierart in einem Gewässer wieder dauerhaft anzusiedeln. Forschungsprojekte, die sich mit Wiederbesiedlung von aquatischen Wirbellosen befassen, sind bis heute nur wenige bekannt und stellen daher Neuland dar. Der Wiederansiedlungsversuch sollte erste Erkenntnisse liefern zur Ressourcenbeschaffung, der Übertragung und der Adaption von Wirbellosen in Gewässern. Das Forschungsprojekt wurde durch den «Rheinfonds» der SANDOZ AG finanziell unterstützt.

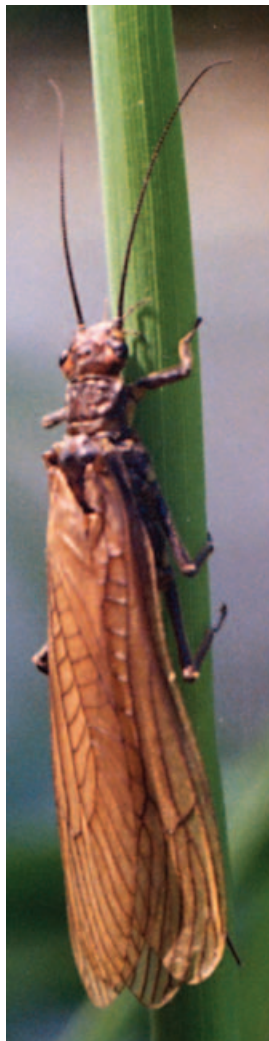
Steinfliegen (Plecoptera)

Steinfliegen sind meist dunkel, braun bis schwarz gefärbt. Sie besitzen vier etwa gleich grosse Flügel, die in Ruhestellung nach hinten waagrecht über den Körper gefaltet werden. Am Kopf tragen sie lange Fühler und Facettenaugen sowie kleine Punktaugen.

Die Larven der Steinfliegen sind meist düster gefärbt. Man erkennt sie an der schlanken Körperform. Ihr Hinterleib trägt im Gegensatz zu den Eintagsfliegenlarven keine seitlichen kiemenförmigen Anhänge, jedoch stets zwei Schwanzfäden am Ende. Ihre Füsse sind dreigliedrig und besitzen zwei Krallen. Die grösseren Arten sind mitunter Kiemenbüschel an der Brust und am Hinterleibsende.

Das Vorkommen oder das Fehlen von Steinfliegen in einem Gewässer gibt Hinweise auf die Qualität des Biotops. Die Larven der Steinfliegen haben ein hohes Sauerstoffbedürfnis, darum bevorzugen sie schnellströmende, kühle Gewässer mit klarem Wasser und steinig-kiesigem Grund (Zwick 1980). Gegen Verschmutzung jeglicher Art sind sie sehr empfindlich. Daher konnte der Rückgang von Plecoptera in verschmutzten Gewässern schon früh beobachtet werden, er spiegelt sich in zahllosen Faunenlisten wider. Sogar rein organische Verschmutzungen wirken sich schon stark aus, wahrscheinlich als Folge der Sauerstoffzehrung (Zwick 1980). In eutrophen Fließgewässern sind die pflanzenfressenden Euholognatha reichlicher vorhanden, die oligotrophen Fließgewässer werden dagegen von den fleischfressenden Systemognatha bevorzugt (Aubert 1959).

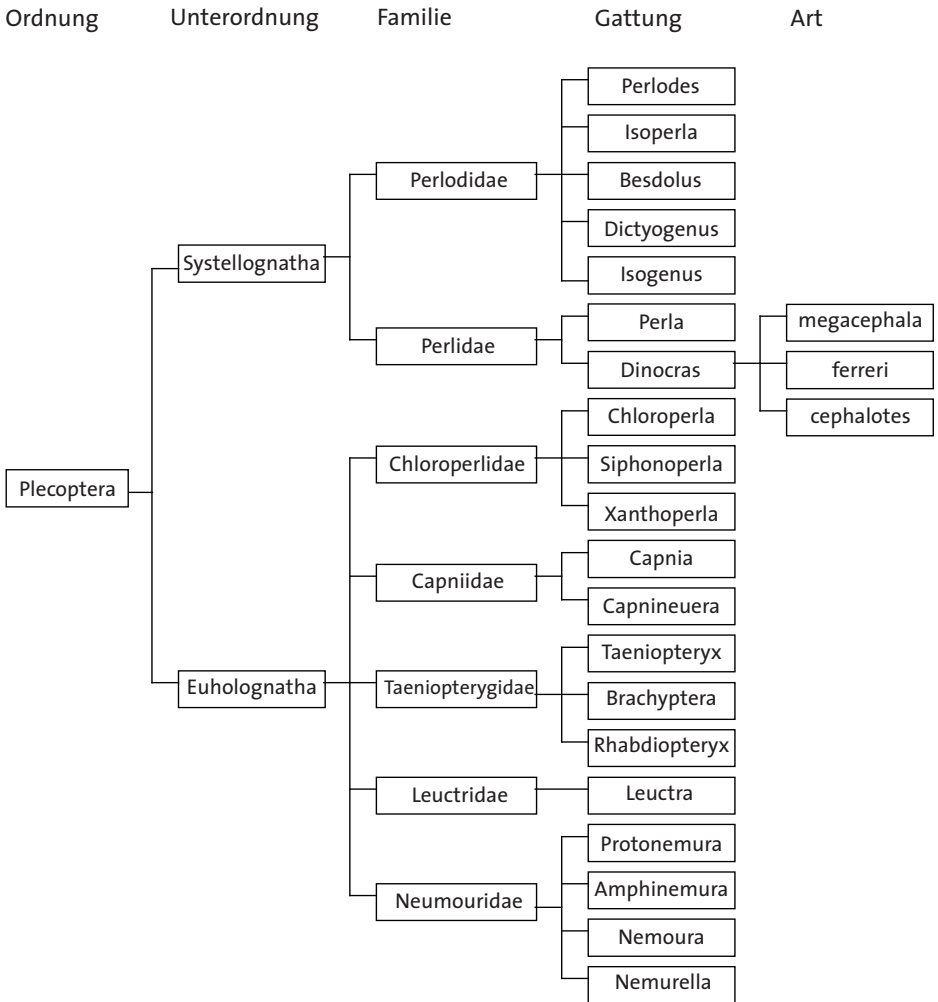
Die Larven sind sehr lichtscheu und halten sich gewöhnlich unter Steinen auf. Die Nahrung der kleineren Arten besteht hauptsächlich aus Algen, die grösseren Arten leben räuberisch und fressen andere Kleintiere. Die Imagines (voll ausgebildete Insekten) nehmen keine Nahrung mehr zu sich. Sie halten sich mit Vorliebe in halbdunklen Verstecken auf der Unterseite von Blättern auf. Die ausgewachsenen Steinfliegen sind ungeschickte Flieger und entfernen sich nur selten weiter als wenige Meter von den Wohngewässern der Larven.



Systematik

Die Plecoptera bilden eine eigene Insektenordnung, die in Mitteleuropa ca. 115 Arten umfasst. Diese wird in die zwei Unterordnungen der Systellognatha und der Euholognatha unterteilt. Sie unterscheiden sich in der Äderung ihrer Flügel und der Form ihrer Tastglieder der Mundwerkzeuge.

Die Steinfliegen der Schweiz werden folgendermassen in Familien und Gattung gegliedert (nach Lubini, Knispel & Vinçon 2000). Die Arten wurden nur bei der Gattung *Dinocras* wiedergegeben.



Die Entwicklung der Steinfliegen

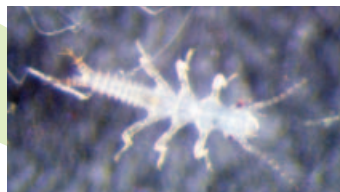
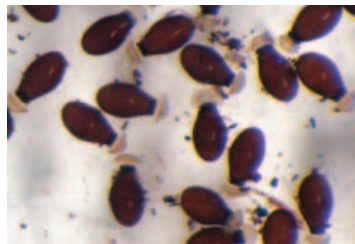
Die Paarung der Steinfliegen erfolgt meist in Gewässernähe auf dem Boden oder Uferbewuchs und findet vorwiegend bei Abenddämmerung statt. Das Weibchen ist deutlich grösser als das Männchen.



Nach der Begattung presst das Weibchen ein Eigelege aus und begibt sich anschliessend zur Eiablage auf das Gewässer. Die Eier halten sich mit Hilfe spezieller Haftkörper am Untergrund fest.



Nach der Eiablage dauert es je nach Art ein bis drei Monate bis zum Schlüpfen der Junglarven.





Nach dem Schlüpfen folgt die Ausfärbung der Tiere; sie ist im Wesentlichen schon nach wenigen Stunden abgeschlossen, dauert im Grunde aber wohl lebenslang an, denn alte Weibchen werden nach Ablage der Eier deutlich dunkler.



Zur letzten Häutung, teilweise schon Stunden vorher, verlassen die reifen Larven das Wasser an herausragenden Steinen, Ästen oder Halmen. Die Adulttiere schlüpfen mit nach unten hängendem Kopf aus der Larvenhaut. Die Dauer der Imaginalhäutung ist individuell verschieden und kann wenige Minuten bis 1,5 Stunden dauern.



Die Larvalphase ist die längste aktive Lebensphase der Plecoptera. Sie kann von einigen Monaten bis mehrere Jahre dauern. Während dieser Zeit wachsen die Larven mit mehreren Häutungen heran.

Entwicklung des Zustand des Hochrheins

1910

Neeracher untersucht in einer umfangreichen Studie die Insektenfauna des Rheins in Raum Basel. Dabei findet er ein artenreiches Gewässer vor mit 19 Arten Ephemeropteren, 13 Arten Plecopteren und 54 Arten von Trichopteren vor.

1916

Der letzte Stör bei Basel mit einer Länge von 2,5 Metern und einem Gewicht von über 100 Kilogramm wird gefangen.

1923

Eine starke Verschmutzung der Ergolz setzt ein. Die Hauptursachen dafür sind die zunehmende Industrialisierung sowie veränderte Fabrikationsmethoden.

1924

Doerr/Steinmann schreiben in ihrem Gutachten über den Rhein von häufigen Funden von Epheremiden, Perlieden und Trichopteren.

Zu Beginn des Mittelalters stellte der Rhein ein vom Menschen noch weitgehend unbeeinflusstes Gewässer dar. In den Städten gab es noch keine Abwasserleitungen, da Kanalisationen weitgehend fehlten. Schmutzstoffe gelangten vor allem aufgrund von Abchwemmungen und Versickerungen in den Rhein. Doch die Selbstreinigungskraft des Flusses hatte damals zweifellos ausgereicht, derartige Stoffeinträge abzubauen.



Rheinsicht in Basel mit dem Steilufer im Bereich Solitude-Rheinhalde.

Neeracher und Lauterborn waren die Ersten, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts Untersuchungen zur Wirbellosenfauna des Rheins durchführten, womit erstmals Aussagen über den Zustand des Hochrheins gemacht werden konnten. Neeracher (1910) hat durch regelmässige Feldbeobachtungen in den Jahren 1907 und 1909 ein grosses Artenspektrum nachweisen können, davon 13 Steinfliegenarten als Imagines und 9 Arten als Larven. Auch die Flugzeiten und Fundorte der Exuvien hat Neeracher in seinen Untersuchungen festgehalten. So konnte er immer wieder grössere Ansammlungen von Tieren an Uferböschungen des Rheins sowie an der mittleren Rheinbrücke beobachten. In den frühen Morgenstunden haben sich an den eisernen Ufergeländern jeweils fünf bis zwölf Exemplare pro Meter befunden. Er konnte jedoch auch bereits deutliche Auswirkungen von Abwassereinleitungen auf die Besiedlung feststellen.

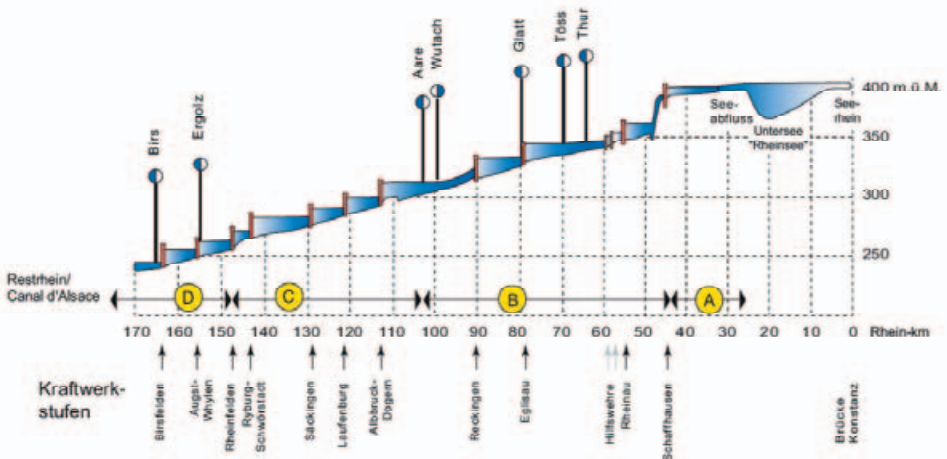
Die Zusammensetzung der Fauna am rechten Rheinufer zeigte den Einfluss des Abwassers sehr deutlich. Unterhalb der Wettsteinbrücke nahmen die Belastungen stark zu und die Steinfliegenlarven verschwanden. Er kommt jedoch zum Schluss, dass sämtliche Abwasserleitungen bis 1910 nicht imstande sind, den Rhein in seiner ganzen Breite für die Steinfliegen unbewohnbar zu machen.

Auch Robert Lauterborn schreibt in seinem Bericht von einer ausserordentlichen Häufigkeit von Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera, die der niederen Tierwelt des Hochrheins ihren charakteristischen Zug verleihen (Lauterborn 1916). Er kommt zum Schluss, dass die Stromgestaltung des Hochrheins Bedingungen für die Tier- und Pflanzenwelt bietet, wie kein anderer Abschnitt des Rheins.

Mit dem Wachstum der Industrie und der städtischen Ballungsgebiete nahm die Belastung der Gewässer durch eingebrachte Schadstoffe stetig zu (Steinmann 1923, Jaag 1950). Zudem wurde die Struktur des Rheins durch den Bau von Flusskraftwerken mit den dazugehörigen Staustufen stark verändert. In den Jahren zwischen 1885 und 1966 wurden elf Flusskraftwerke erstellt, dadurch wurde der Hochrhein immer mehr zu einer Folge von langsam fließenden bis stehenden Gewässerabschnitten.

1933
Der Kanton Baselland gibt eine Studie in Auftrag, um eine allfällige Ableitung der Abwässer des Ergolztales in den Rhein abzuklären.

1950
Eine biologische Untersuchung des Rheins zwischen Augst und Basel zeigt: Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera fehlen im Rhein.



Staustrufen im Hochrhein (aus: Mürle et al. 2008)

1951

Mit dem Bau der Kraftwerksanlage Birsfelden wird der Naturzustand des Rheins an der Rheinhalde zerstört. Der Rhein wird auch in Basel eingestaut.

1958

Der letzte Lachs wird im Hochrhein gefangen.

1966

Die ARA Ergolz I und II wird in Betrieb genommen.

1974

Die internationale Kommission zum Schutz des Rheins gegen Verunreinigungen (IKSR) nimmt ein biologisches Zustandsbild des Rheins vom Bodensee bis zur Mündung auf. Das Gebiet Schweizerhalle BL wird der Güteklasse III zugeteilt.

Die verstärkte anthropogene Nutzung des Rheins, insbesondere die Gewässerverschmutzung, führte zu einem generellen Artenrückgang. Zu Beginn des Jahrhunderts lag die Verantwortung dafür insbesondere bei der chemischen Industrie. Die Fabriken entliessen ihre Abwässer allesamt in den Rhein, was sich durch Schaumbildungen bemerkbar machte. Schweflige Säure und zeitweise auch Chlor verunreinigten das Fliessgewässer. Bei Niedrigwasser sedimentierten die Abfälle der chemischen Industrie an Ufersteinen und zwischen Wasserpflanzen. Schaum- und Faserstoffe waren ebenfalls zu beobachten. Doch auch die städtischen Abwässer trugen immer mehr zur Verschmutzung bei. Mit dem Ausbau einer unterirdischen Kanalisation in den Städten, wo die Schmutzstoffe mittels Wasser in ein stadtnahes Gewässer geleitet werden konnten, nahm die Gewässerverunreinigung ein Ausmass an wie nie zuvor. Folgen waren bakteriologische Veränderungen, Veränderungen der Zusammensetzung des Planktons und des Makrozoobenthos, sowie Schädwirkungen auf Fische, die Beeinflussung des Selbstreinigungsvermögens des Rheins und eine erhöhte Sauerstoffzehrung (Tittizer & Krebs 1996).



Verschmutzungen führten zu einem starken Artenrückgang. Otto Jaag auf dem Rhein bei Pratteln 1948.

Die Ergebnisse der biologischen Rheinuntersuchungen von Jaag (1950) wiesen erstmals eine starke Veränderung in der Besiedlung des Rheins bei Basel nach. Er kommt dabei zu folgendem Urteil: «Im Vergleich zu anderen Flüssen zeigt der Rhein bei Basel die schlechtesten Verhältnisse mit Ausnahme der Limmat bei Wettingen. Entsprechend die Tier- und Pflanzenwelt vor einem halben Jahrhundert noch einem gesunden, klares Wasser führenden Strom, so ist sie

heute der Ausdruck eines stark verunreinigten Fließgewässers. Die festgestellten Veränderungen sind zurückzuführen einerseits auf die durch den Kemmerstau bedingten, veränderten Strömungsverhältnisse, andererseits aber auch auf die immer stärkeren Belastungen mit Schmutzstoffen.»

Im 20. Jahrhundert war ein genereller Artenrückgang zu beobachten, dessen Höhepunkt Anfang der 1970er-Jahre erreicht wurde. Die verschiedenen Makrozoobenthosgruppen waren davon in unterschiedlichem Masse betroffen. Der stärkste Rückgang war bei den stenöken Potamalarten der Steinfliegen, Eintagsfliegen und Köcherfliegen zu verzeichnen, welche hohe Ansprüche an die Wasserqualität stellen. Durch den Bau von Grosskläranlagen ab Mitte der 1970er-Jahre verbesserte sich die Wasserqualität zunehmend. In Basel wurde die Kläranlage im Jahr 1983 in Betrieb genommen.

In den Jahren 1981-1983 waren im Rhein in Basel nur noch wenige Eintagsfliegen- und Köcherfliegenarten zu finden, Steinfliegen fehlten (Häfliger 1981, Rhyner 1982, Marbach 1983). Sensible Arten, wie die Steinfliegen, waren, wie Untersuchungen aus den Jahren 1980-1987 belegen, im Hochrhein bei Basel praktisch ausgestorben oder wurden nur noch in ganz vereinzelt Exemplaren gefunden. Es bestand aber Hoffnung, dass sich die Fauna langsam erholt.

Das Bild des sich regenerierenden Rheins, der wieder zu einem Lebensraum für Tiere und Pflanzen wurde, wurden jäh zerstört. Am 1. November 1986 brannte eine Lagerhalle des Chemiewerkes der Firma Sandoz in Schweizerhalle oberhalb von Basel aus. Mit dem zur Brandbekämpfung eingesetzten Löschwasser wurden ca. 10 bis 30 Tonnen Chemikalien in den Rhein gespült. Die Giftwelle löste im Oberrhein ein Massensterben von Fischen und Wirbellosen aus. Man ging davon aus, dass es mehrere Jahre dauern wird bis der alte Zustand wieder hergestellt ist. Doch das Wiederbesiedlungspotential des Hochrheins und seiner grösseren Zuflüsse war so hoch, dass sich weniger als ein halbes Jahr danach die Benthosbiozönose wieder gut erholt hatte (Mürle et al. 2008). Die Steinfliegen fehlten allerdings immer noch. Wichtig für die danach einsetzende schrittweise Regeneration der Wasserqualität waren die Verbesserungen im Gewässerschutz und in der Produktionsstätten entlang des Rheins.

1976
Die Inbetriebnahme der Industrie-Kläranlage Rhein 1 bei Pratteln.

1983
Die PRO RHENO nimmt die ARA Basel in Betrieb.

1986
Die Fauna des Rheins wird durch toxisches Löschwasser des SANDOZ-Brandes stark geschädigt.

1987
Die EAWAG erstellt ein biologisches Zustandsbild des Rheins sowie eine Schadenaufnahme.

1988
Eine starke Wiederbesiedlung der Fauna im Rhein ist zu beobachten.

Wiederansiedlung von Plecoptera im Hocht Rhein bei Basel

Mit der Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse durch den Bau von industriellen und kommunalen Kläranlagen kehrten viele charakteristische Flussarten, die im Rhein als ausgestorben oder stark dezimiert galten, ab Mitte der 1970er-Jahre zurück. Allerdings fehlen noch viele Arten. Strömungsliebende und anspruchsvolle Organismen wie die Steinfliegen sind verschwunden, und Arten mit höherer Toleranz gegenüber Beeinträchtigungen des Lebensraumes haben sich durchgesetzt.

Das nachfolgend vorgestellte Projekt, das zwischen 1990 und 1994 durchgeführt wurde, hatte das Ziel, die seit den 1950er-Jahren im Rhein ausgestorbenen Steinfliegen, wiederanzusiedeln. Dabei sollte die unter den heutigen Umständen erschwerte Ausbreitung und Wiederansiedlung grosser Steinfliegen im Hocht Rhein bei Basel durch künstliche Ansiedlung nachgeholfen und die Adaption der Tiere im neuen Fliessgewässer überwacht werden.



Eine natürliche Wiederbesiedlung der Steinfliege im Hocht Rhein bei Basel ist aus folgenden Gründen erschwert oder nicht möglich:

- Die Reservoirräume im Hocht Rhein sind sehr klein und die grössten Arten praktisch ausgestorben.
- Das Driftverhalten der Larven ist sehr minim.
- Driftanalysen zeigten, dass Plecoptera praktisch fehlen oder nur in wenigen Exemplaren vorhanden sind.
- Die Eier der Plecoptera haben Haftorgane und können daher nicht verdriftet werden.
- 11 Kraftwerksanlagen beeinträchtigen die Lebensräume im Hocht Rhein und behindern die Wanderung der Invertebraten.
- Die Imagines haben aufgrund des eingeschränkten Flugvermögens nur kleine Kompensationsflugdistanzen.

Suche nach einem Herkunftsgewässer

Die grösste Schwierigkeit des Ansiedlungsversuchs bestand darin, entsprechende Herkunftsgewässer im nahen Einzugsgebiet des Hochrheins aufzufinden, in welchem die nötigen Besatztiere in grösseren Individuenzahlen vorkamen. Nach Vorabklärungen in verschiedenen Gewässern im nahen und fernen Umkreis des Rheins, wurde schliesslich der Doubs bei St. Ursanne (JU) ausgewählt, der noch grössere Populationen von Plecoptera der Gattung *Dinocras* aufwies (siehe Karte S. 20) und daher für eine Verpflanzung als geeignet erschien.

Vergleich Rhein - Doubs

Der Doubs ist das bedeutendste Fliessgewässer des Juras. Er entspringt in einer Karstquelle bei Mouthe auf der französischen Seite des Mont Risoux. In seinem Oberlauf, der über weite Strecken die Grenze zwischen der Schweiz und Frankreich bildet, fliesst der Doubs in Richtung Nordosten. Beim Städtchen St. Ursanne biegt er nach Westen ab, um später in südlicher Richtung der Sâone zuzufliessen. Der Wasserstand des Doubs schwankt je nach Jahreszeit und Niederschlägen beträchtlich. Über weite Strecken besitzt der Fluss noch unveränderte Naturufer und eine Lebensgemeinschaft mit seltenen Pflanzen und Tieren.

Ein Vergleich zwischen dem Doubs und dem Hochrhein zeigte, dass der Doubs um 1990 aufgrund des Äusseren Aspekts bei St-Ursanne (keine Kläranlage) eher eine schlechtere Wasserqualität als der Rhein bei Muttenz aufweist. Der Doubs ist als Gewässer mit der Flussordnungszahl 4 resp. 5 (BAFU 2009) kleiner und zeigt eine naturnahere Struktur bezüglich Gewässerbett und Ufergestaltung. Der Hochrhein mit der Flussordnungszahl 9 zeigt hingegen einen monotonen Verlauf mit zum Teil verbauten Uferabschnitten. Er hat mehrheitlich seinen Strömungscharakter verloren und wirkt im Bereich der Stauhaltungen seenähnlich.



Hochrhein bei Muttenz mit naturnahem Uferbereich. Die grossen Steinfliegenarten sind in diesem Bereich seit Mitte des 20. Jahrhunderts ausgestorben.



Doubs bei St. Ursanne mit naturnahen Umgebungsverhältnissen und häufigem Vorkommen von *Dinocras megacephala*.





Doubs bei St. Ursanne:
Typisch sind die am Ufer
entlang verteilten Steine,
welche bei Schlüpfen der
Steinfliegen eine wichtige
Rolle spielen.

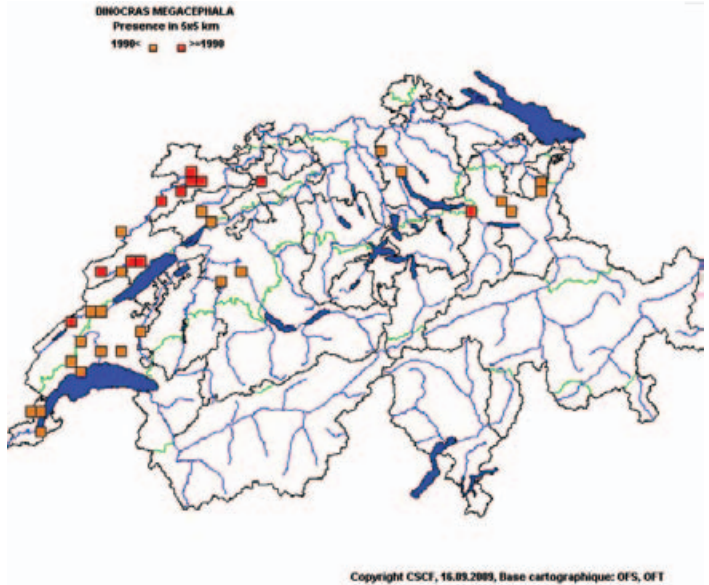


Die zum Teil starke Veralgung des Doubs im Sommer ist ein Zeichen, dass hohe Konzentrationen von Nährstoffen vorhanden sind, die aber für die Entwicklung der Steinfliegen keine negative Faktoren darstellen.

Der äussere Aspekt des Doubs zeigte vielfach Schaumbildungen, die auf die Einleitung von Abwässern zurückzuführen waren. Durch die reichhaltige Strukturierung der Gewässersohle fanden die Larven der Steinfliegen immer wieder Ausweichmöglichkeiten und konnten sich den Verschmutzungen entziehen.

Biologie von *Dinocras megacephala*

Der nächste Schritt bestand darin, Gewässerabschnitte mit einer Besiedlungsdichte von Plecoptra aufzusuchen, die für eine Übertragung als geeignet erschien. Weiter galt es eine Spezies auszuwählen, die an der Untersuchungsstelle in einer Häufigkeit vorkommt, welche die Annahme erlaubt, dass sie dort eine nicht untergeordnete Rolle in der Biozönose spielt. Die Plecopteragattung *Dinocras* schien am besten geeignet für den Umsiedlungsversuch, da sie häufig vorkommt, gut bestimmbar ist und in einer Grösse auftritt, die von Auge gut erkennbar ist.



Verbreitungskarte von *Dinocras megacephala* (CSCF 2009). Sie zeigt häufige Vorkommen der Art in den Fliessgewässern im Jura und vereinzelt auch an der Thur und Limmat. Orange: Fund vor 1990, Rot: Fund nach 1990

In der Schweiz findet man drei Plecopteren-Arten der Gattung *Dinocras*: *Dinocras cephalotes*, *Dinocras megacephala* und *Dinocras ferreri*. Nach Aubert (1959) sind *D. cephalotes* in der ganzen Schweiz vertreten, *D. megacephala* vorwiegend im Jura und *D. ferreri* nur in den südlichen Gebieten der Alpen.

Die Adulttiere von *Dinocras megacephala* schlüpfen im späten Frühjahr. Nach der Paarung im nahen Gewässerlauf pressen die Weibchen ein Eigelege aus, das aus 1000 bis 3000 Eiern besteht. Zur Eiablage begeben sich die Weibchen auf das Gewässer und kleben die mit einem speziellen Haftkörper ausgestatteten Eier am Untergrund fest. Die Embryogenese beginnt unmittelbar nach der Eiablage und beträgt ca. 100 Tage. Erste Junglarven sind in der Regel erst im darauffolgenden Frühjahr zu beobachten. Die Entwicklung vom Ei bis zur Emergenz beträgt 3 Jahre. Die Ernährung der Larven ist überwiegend karnivor.

Aus Felduntersuchungen ist bekannt, dass während der Entwicklung bis zum 7. Larvenstadium nur ca. 1% der Individuen überlebt. Während der Larvenentwicklung sind Todesfälle hingegen sehr selten. Es wird daher vermutet, dass der Geschiebetrieb bei Hochwasser einen grossen Teil der Eier während ihrer langen Aufenthaltszeit im Sediment zerstört. Es wurde deshalb davon ausgegangen, dass bei einem Ansiedlungsversuch die Verpflanzung von Junglarven am erfolgreichsten sein dürfte.



Larve der Steinfliegenart *Dinocras megacephala*. Larven der Art sind tagsüber vorwiegend unter grossen Steinen aufzufinden, wobei sie im Doubs häufig am Rande von stark strömenden Abschnitten anzutreffen sind.

Vorgehen bei der Wiederansiedlung

Während der fünfjährigen Forschungsperiode 1990 bis 1994 wurde alljährlich ein Ansiedlungsversuch mit Imagines, Larven und Eiern der Steinfliege vorgenommen.

Die Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Punkte, die bei der Wiederansiedlung von Steinfliegen in einem Gewässer beachtet werden müssen.

Tab. 1: Möglichkeiten der Verfügbarkeit und Möglichkeiten der Ansiedlung von verschiedenen Entwicklungsstadien von Steinfliegen der Gattung *Dinocras* sp.

Entwicklungsstadien	Verfügbarkeit	Zeitpunkt der Verfügbarkeit	Einsammeln von Reservoirmaterial	Transport	Ansiedlung	Kontrolle der Ansiedlung und Entwicklung
Imagines	Beschränkt	1-2 Wochen im Mai/Juni	Am Ufergehölz am frühen Morgen	In Plastikflasche mit Luftzufuhr	Am Ufergehölz	Nur beschränkt möglich
Larven	Unbegrenzt sofern vorhanden	Ganzjährig	Am Ufer unter Steinen bei Niederwasser	In kühlem Wasser (1-2 Stunden)	Am Gewässersufer	In künstlicher Zelle
Eier	Beschränkt	1-2 Wochen im Mai/Juni	Gelege der Weibchen am Hnterende	In kleiner Plastikflasche	Am Gewässersufer	In künstlichem Segment

Die Hauptemergenz und –flugzeit der grossen Steinfliege liegen am Doubs jeweils zwischen dem 15. und 30. Mai. Während dieser Zeit konnten jedes Jahr rund 100 – 200 Imagines und Larven eingefangen werden. Das Einsammeln der Imagines fand am frühen Morgen statt. Für den Transport wurden die Imagines in Plastikflaschen mit Luftzufuhr gesteckt. Innerhalb von 2 Stunden wurden sie am Ufergehölz am Rhein bei Muttenz ausgesetzt.



Emergenzstein am Ufer des Doubs bei St-Ursanne mit über hundert leeren Larvenhäuten (Exuvien), die innerhalb weniger Tage die Emergenz der grossen Steinfliege anzeigen.



Eingefangene Imagines von *Dinocras megacephala*, welche am Uferbereich des Doubs bei St-Ursanne eingesammelt und anschliessend im Rhein bei Muttenz angesiedelt wurden.

Die Larven wurden bei Niederwasser am Ufer des Doubs unter den Steinen eingesammelt und in einem Gefäß mit kühlem Wasser transportiert.

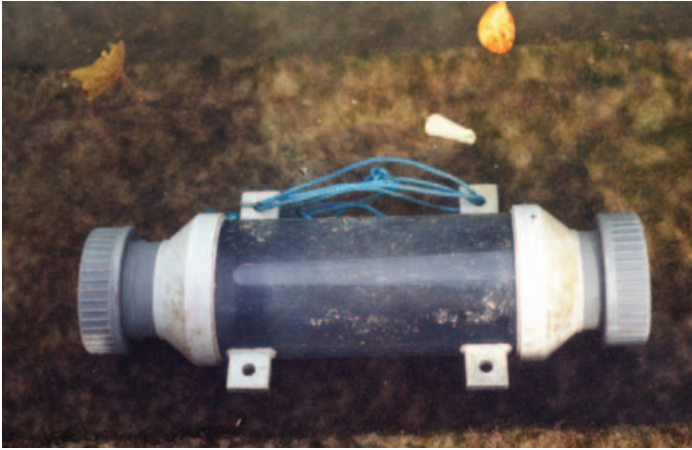
Um zu beobachten, wie sich die Larven im Rhein adaptieren, wurden zwei Käfige mit je 10 Larven im nahen Uferbereich ausgesetzt. Die Resultate bei der Kontrolle waren befriedigend. Die Larven haben sich gut adaptiert und sich nach 5 Monate Beobachtungszeit als lebensfähig erwiesen.



Rund zweijährige Larven von *Dinocras megacephala* aus dem Doubs bei St-Ursanne bereit zur Ansiedlung im Hochrhein bei Muttenz.

Beim Ansiedlungsversuch 1991 wurden rund zweijährige Larven in eine künstliche Zelle im Hochrhein bei Muttenz eingeschlossen. Anschliessend wurde während mehrerer Monaten die Anpassungsfähigkeit und Adaption beobachtet.

Die Zelle bestand aus einem 40 cm langen Kunststoffrohr mit einem Durchmesser von 15 cm, wobei beide Enden mit Drahtnetz verschlossen sind, um eine längsseitige Durchströmung zu gewährleisten. Die Zelle selbst wurde mit Wassermoos als Unterschlupf für die Larven ausgestattet. Die Zelle mit den eingeschlossenen Larven wurden in ca. 50 cm Wassertiefe gehalten und alle 14 Tage auf ihre Lebensfähigkeit überprüft. Innerhalb der fünfmonatigen Expositionszeit zeigten die Larven eine normale Lebensfähigkeit. Als Mortalitätsfaktor hat sich im Juni 1991 anlässlich starken Hochwassers eine massive Sedimentablagerung in der Zelle ergeben. Dabei sind die Larven in der vollständig mit schwärzlichem Sediment aufgefüllten Zelle erstickt, da für sie keine Fluchtmöglichkeiten bestanden.



Künstliche Zelle zur Überwachung der Adaption der Larven im Rhein. Die Zelle ist 40 cm lang und hat einen Durchmesser von 15 cm.

Im Jahr 1992 wurden erste Versuche zur Gewinnung und Übertragung von Eiern der Steinfliegen vorgenommen, welche zu positiven Ergebnissen geführt hat. Wichtigste Voraussetzung war dabei, dass der genaue Zeitpunkt der Emergenz der Larven im Entnahmewasser bekannt ist, damit genügend Männchen und Weibchen eingesammelt werden können. Für den Aufzuchtversuch wurden je 50 Männchen und Weibchen eingefangen und in einen Insektenkasten eingeschlossen. Für die Eiablage wurde eine flache Schale mit Wasser angeboten. Täglich wurden die Imagines mit Honigwasser gefüttert, das sie sehr gerne aufnahmen.



Insektenkasten für die Paarung und Eiablage der *Dinocras megacephala*. Die dadurch gewonnenen Eier werden danach im Rhein ausgesetzt.

Schon nach kurzer Zeit konnten Paarungen der Tiere beobachtet werden. Die Überprüfung der Wasserschale nach zwei Tagen zeigte bereits erste Erfolge: Im Wasser konnten Eier in grosser Zahl aufgefunden werden, sie waren von Auge als kleine schwarze Punkte wahrnehmbar. Wie aus der Literatur bekannt ist, dauert die Embryogenese je nach Temperatur ca. 80 – 100 Tage, wobei nach dieser Zeit eine Diapause eintritt, die bis zum nächsten Frühling dauert. Die ersten Junglarven könnten daher erst im Mai/Juni des folgenden Jahres aufgefunden werden. Während dieser langen Aufenthaltszeit können durch den Geschiebetrieb 80-90% der Eier zerstört werden.

Eierpaket von *Dinocras megacephala* zur Übertragung in den Rhein

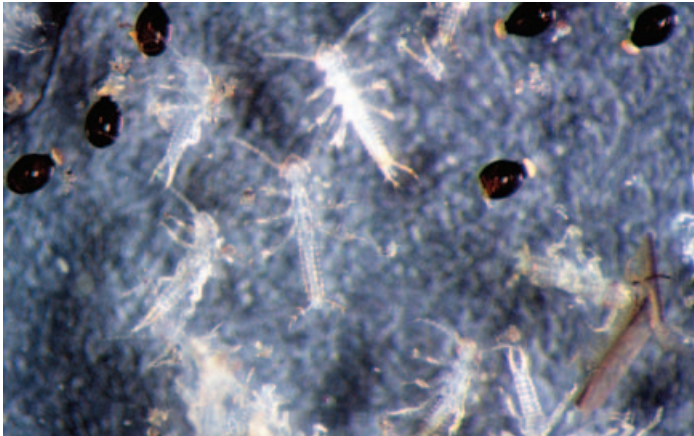


Die durch diese Methode gewonnenen ca. 35'000 Eier wurden danach im Rhein ausgesetzt. Zur Überwachung der Eier wurden rund 50 Eier in kleinen Petrischalen vermisch mit Feinsand ausgebracht. Die Petrischalen waren leicht perforiert, um den Wasseraustausch aufrechtzuerhalten. 10 Schalen wurden im Uferbereich des Rheins exponiert, wobei in monatlichen Kontrollen der Verlauf der Entwicklung im Gewässer beobachtet werden konnte.

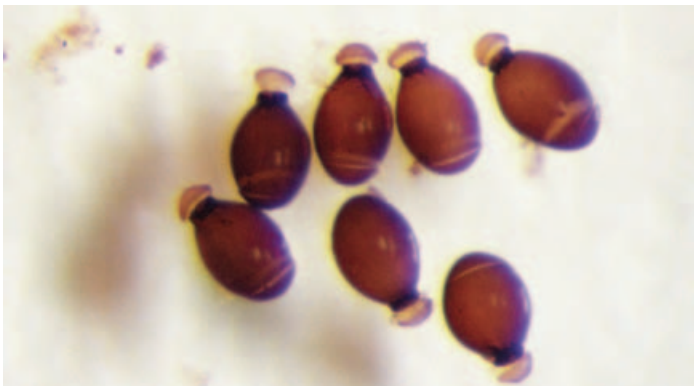
Zur Überwachung des Entwicklungszustands der Eier wurden spezielle, schützende Gefässe (Petrischalen mit Feinsand) entwickelt,.



Im Jahr 1993 wurden mit der gleichen Methode rund 100'000 Eier gewonnen. Die Hälfte der Eier wurden direkt in den Rhein ausgesetzt. Je 10'000 Eier wurden zur Überwachung der Embryogenese in 5 Einlitergläser mit Leitungswasser eingesetzt und bei Zimmertemperatur gehalten. Die im Wasser liegenden Eier wurden wöchentlich kontrolliert und die Temperatur und der Sauerstoffgehalt wurden jeweils zweimal bestimmt. Da die Embryogenese bekanntlich rund 100 Tage dauert und danach meist eine Diapause eintritt, war anzunehmen, dass die ersten Larven erst im Frühjahr des folgenden Jahres schlüpfen. Doch bereits nach 100 Tagen waren ca. 80% der Larven geschlüpft und präsentierten sich als 1 mm lange weissliche Gebilde. In stehendem Wasser waren diese Larven ca. 1 Woche lebensfähig und mussten zur weiteren Entwicklung in bewegtes Wasser übergeführt werden.



Frisch geschlüpfte Junglarven von *Dinocras megacephala*. Die Junglarven sind ca. 1 cm lang.



Leere Eihüllen mit sichtbaren Bruchstellen am Hinterende.

In den Zuchtversuchen mit Steinfliegen war es erstmals gelungen, die Eientwicklung sowie die Aufzucht der Junglarven aufzuzeichnen. Der Erfolg einer Wiederbesiedlung am Hochrhein bei Muttenz konnte aufgrund der langen Entwicklungszeit der Larven erst im Laufe mehrerer Jahre gemessen werden. Aussagen über eine dauerhafte Ansiedlung waren in dieser Versuchsanordnung erst nach mehreren Folgegenerationen zu erwarten. Ein Erfolg der Wiederansiedlung war jedoch nicht nachzuweisen.

Aufgrund der Schwierigkeiten wurde auf eine Fortsetzung der Wiederansiedlung verzichtet. Eine Beurteilung der Chancen für eine spontane Besiedlung von Steinfliegen ergibt aufgrund der Erfahrung positive und negative Aspekte.

Positive Punkte bei der Ansiedlung von Plecoptera im Rhein:

- Die Wasserqualität im Rhein ist nicht mehr limitierend für eine Wiederbesiedlung.
- Aufgrund der Grösse der Larven und Imagines können die Tiere leicht erkannt werden.
- Die Larven sind sehr robust und haben nur wenige natürliche Feinde.

Negative Punkte bei der Ansiedlung von Plecoptera im Rhein:

- Die lange Entwicklungszeit der Larven im Wasser (3 Jahre) ermöglicht keine rasche Zunahme der Individuenhäufigkeit.
- Die Überwachung der Larven im Rhein ist äusserst schwierig
- Stark strömende Abschnitte sind im Hochrhein selten geworden.
- Neozoen haben seit 1995 die Lebensgemeinschaft im Rhein stark verändert und teilweise einheimische Arten verdrängt.

Ausblick: Entwicklung der Steinfliegenbestände im Rhein

Die Kenntnisse über die Vorkommen der Steinfliegenarten um die Wende des 19. / 20. Jahrhunderts sind nur aus wenigen Quellen bekannt. Die Daten stammen nur aus dem Rhein. Welche Arten früher in den Seitengewässern des Rheins heimisch waren, ist nur durch wenige Tiere aus entomologischen Sammlungen bekannt.

Aufgrund der ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten und den aktuelle Vorkommen in anderen Gebieten sowie neuer Beobachtungen in der Region Basel wurde versucht, die Entwicklung der Steinfliegenfauna im Rhein abzuschätzen.

Von den um 1900 im Rhein vorhandenen 13 Arten waren viele auch an anderen Stellen des Hochrheins zu finden (Tab. 2). Alleine 9 Arten sind durch Funde von Ris im Abschnitt bei Rheinau belegt.

Tab. 2: Übersicht der Steinfliegen im Hochrhein bei Basel und Gefährdung aufgrund der Roten Liste der Bundesrepublik Deutschland (RL BRD). Der Status ist wie folgt wiedergegeben: x: Nachweis, – ohne Nachweis, o: Ausgestorben / verschollen, 1: vom Aussterben bedroht, 2: stark gefährdet, 3: gefährdet, R: eingeschränktes Verbreitungsgebiet.

	Basel 1900	Rheinau 1900	Basel 2009	Hochrhein >2000	Region >2000	RL BRD
<i>Brachyptera risi</i> (Mort.)	-	-	x	x	x	
<i>Brachyptera trifasciata</i> (Pict.)	x	x	-	-	-	o
<i>Leuctra fusca</i> (L.)	x	x	x	x	x	
<i>Capnia nigra</i> (Pict.)	x	-	-	-	-	
<i>Besdolos imhoffi</i> (Pict.)	x	x	-	-	-	1
<i>Besdolos ventralis</i> (Pict.)	x	-	-	-	-	o
<i>Isogenus nubecula</i> Newm.	x	-	-	-	-	o
<i>Isoperla grammatica</i> (Poda)	x	x	-	x	x	
<i>Isoperla obscura</i> (Zett.)	x	-	-	-	-	1
<i>Perlodes microcephalus</i> (Pict.)	x	x	-	x	x	
<i>Perlodes dispar</i> (Ramb.)	-	-	-	x	x	3
<i>Dinocras cephalotes</i> (Curt.)	x	x	-	x	x	
<i>Perla grandis</i> (Ramb.)	x	x	-	x	-	R
<i>Perla marginata</i> (Panz.)	x	-	-	x	x	3
<i>Perla abdominalis</i> Burm.	-	x	-	-	x	2
<i>Chloroperla tripunctata</i> (Scop.)	x	x	-	-	-	
Anzahl Arten	13	9	2	8	8	

Neerachers Funde von *Dinocras cephalotes* konnten nicht verifiziert werden, die Vorkommen im Hochrhein bei Rheinau sind jedoch anerkannt (CSCF 2009, Lubini pers. Mitt.). Eine Verwechslungsgefahr besteht mit *D. megacephala*. Von dieser liegen aus der fraglichen Zeit aber keine Nachweise aus einem anderen Rheinabschnitt vor. Arten wie *Dinocras cephalotes*, *Brachyptera risi*, *Isoperla grammatica*, *Leuctra fusca* sind seit 2000 im Hochrhein an verschiedenen Stellen nachgewiesen worden (CSCF 2009).

Die Arten *Brachyptera trifasciata*, *Besdolus imhoffi*, *B. ventralis*, *Iso-genus nubecula*, *Isoperla obscura*, *Perla abdominalis* und *Chloroperla tripunctata* wurden seit diesen frühen Nachweisen im Hochrhein nicht mehr gefunden. Für einige sind es auch die einzigen Nachweise, die überhaupt je in der Schweiz gelangen. Die Arten *Iso-genus nubecula* und *Besdolus ventralis* meldete bereits Aubert (1959) als verschollen. Sie gelten überdies in Deutschland, wo in den letzten 20 Jahren einige der typischen Plecoptera grosser Flüsse wieder entdeckt wurden, als ausgestorben (Reusch & Weinzierl 1998).

Aus im Rhein und den Seitengewässern der Region Basel wurden einige Arten in den letzten 10 Jahren wieder nachgewiesen. So sind *Brachyptera risi*, *Isoperla grammatica*, *Perlodes microcephalus* insbesondere in der Wiese seit den 1990er-Jahren in unterschiedlichen Häufigkeiten heimisch. *Perla marginata* und *Leuctra fusca* wurden zusätzlich auch in der Birs und kleineren Seitengewässern nachgewiesen. Im Jahr 2006 gelang ein Fund von *Perla abdominalis* im Weilmühlebach in Riehen, einem ehemaligen Gewerbekanal, dessen Wasser in Lörrach von der Wiese abzweigt wird. Dies ist seit über 40 Jahren der erste Fund der Art in der Schweiz.

Larve von *Perla abdominalis* aus dem Weilmühlebach in Riehen (BS) 2006. Es handelt sich um den ersten Wiederfund in der Schweiz seit über 40 Jahren.



Die Entwicklung der Steinfliegenbestände im Rhein bei Basel sieht hoffnungsvoll aus. Aufgrund neuerer Nachweise im Hochrhein zeichnet sich als Trend seit 2000 eine Wiederbesiedlung des Rheins ab. Zwei Steinfliegenarten (*Brachyptera risi* und *Leuctra fusca*) sind im Rhein bei Basel wieder heimisch geworden (Küry 1994) und von sechs weiteren sind Vorkommen aus dem Hochrhein bekannt (Tab. 2). Auch eine Besiedlung des Rheins durch *Perla abdominalis*, die in der Wiese wieder gefunden wurde, scheint möglich. Die oberen Strecken des Hochrheins und die Seitengewässer bilden auch seit der Wiederbesiedlung des Rheins nach dem Brand von Schweizerhalle die klassischen Reservoirs für die Einwanderung dieser Arten. Eine wichtige Einschränkung ist jedoch anzubringen: Die Einwanderung invasiver Neozoen in den Hochrhein hat die gesamte Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos im Rhein stark verändert (Rey et al. 2004). In der Region Basel beträgt der Biomasseanteil der Neozoen mehr als 90% (Mürle et al. 2008). Die Einwanderung der Arten setzt sich auch im nicht schiffbaren Abschnitt des Hochrheins fort. Ob die oberliegenden Abschnitte ihre Funktion als Wiederbesiedlungsreservoir unter diesen Voraussetzungen weiterhin wahrnehmen können, bleibt vorerst offen.

Literatur

- AUBERT, J. (1959): Plecoptera. Insecta Helvetica Fauna. Lausanne.
- BAFU (2009): Gewässernetz: Flussordnungszahlen für das digitale Gewässernetz 1:25'000 der Schweiz. <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/02120/index.html?lang=de> (Abfrage 17.9.2009)
- CSCF - Centre Suisse de Cartographie de la Faune (2009): Verbreitungskarten auf Online-Kartenserver im Internet. <http://lepus.unine.ch/carto/>. (Abfragen: 16.9.2009 und 13.10.2009).
- HÄFLIGER, T. (1981): Limnologische Untersuchung der Flüsse Rhein, Wiese und Birs bei Basel. Unveröff. Diplomarbeit Universität Basel.
- IKSR - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2003): Stromaufwärts – Bilanz Aktionsprogramm Rhein. <http://www.iksr.org/index.php?id=51>. (Abfrage: 10.9.2009).
- JAAG, O. (1950): Ergebnisse der biologischen Rheinuntersuchung.
- KÜRY, D. (1994): Die Wirbellosefauna der Fließgewässer in der Region Basel. Verh. Naturf. Ges. Basel.
- LAUTERBORN, R. (1916): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms.
- LANDA, V., HELESIC, J., SOLDAN, T. & ZARADKOVA, S.: Stoneflies (Plecoptera) of the River Vltava, Czech Republic: a century of extinction. In: Landolt P. & Sartori M. (Hrsg.) (1997): Ephemeroptera & Plecoptera, Biology-Ecology-Systematics. MTL – Mauron + Tinguely & Lachat SA. Fribourg (CH).
- LUBINI, V., KNISPEN, S. & VINÇON, G. (2000): Plecoptera - Bestimmungsschlüssel Schweiz. Entwurf.
- MARBACH-UGAZIO, R. (1983): Limnologische Untersuchung der Flüsse Rhein, Wiese und Birs bei Basel. Unveröff. Diplomarbeit Universität Basel.
- MÜRLE, U., ORTLEPP, J., REY, P. (2008): Koordinierte biologische Untersuchungen im Hochrhein 2006/2007. Makroinvertebraten. Umwelt-Wissen Nr. 0822. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- NEERACHER, F. (1910): Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel. Revue suisse de Zoologie. Geneve.
- REGIOWASSER e.V. (Hrsg.) (2009): 50 Jahre Rheinforschung – Lebensgang und Schaffen eines deutschen Naturforschers – Robert Lauterbron (1969 -1952). Lavori Verlag. Freiburg.
- REUSCH H. & A. WEINZIERL (1998): Rote Liste der Steinfliegen (Plecoptera). In: Binot M., Bless R., Boye P, Gruttke H. & Prefscher P. (Hrsg.) 1998: Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 255–259.
- REY, P. & ORTLEPP, J. (1997): Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 1995; Makroinvertebraten. – Schriftenreihe Umwelt Nr. 283. BUWAL Bern.
- REY, P. & ORTLEPP, J. (2002): Koordinierte biologische Untersuchungen am Hochrhein 2000; Makroinvertebraten. – Schriftenreihe Umwelt Nr. 345. BUWAL Bern.
- REY, P., ORTLEPP, J., KÜRY, D. (2004): Wirbellose Neozoen im Hochrhein, Ausbreitung und ökologische Bedeutung, Schriftenreihe Umwelt Nr. 380, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 88 S.
- RHYNER, B. (1982): Limnologische Untersuchung der Flüsse Rhein, Wiese und Birs bei Basel. Unveröff. Diplomarbeit Universität Basel.
- STEINMANN P. (1923): Die Bedingungen der Fischerei im Hochrhein, mit besonderer Berücksichtigung der durch die Kraftwerke geschaffenen Veränderungen. Verlag H.R. Sauerländer, Aarau.
- TITTIZER, T., KREBS, F. (Hrsg.) (1996): Ökosystemforschung, der Rhein und seine Auen – eine Bilanz. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- ZWICK, P. (1980): Plecoptera (Steinfliegen). In: Handbuch der Zoologie – Eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches. Walter de Gruyter. Berlin.

