

Lebensraumsansprüche und Verbreitungsmuster der Bachschmerle *Noemacheilus barbatulus* (LINNAEUS, 1758)

HEIKO BRUNKEN

Habitat requirements and distribution patterns in stone loach *Noemacheilus barbatulus*

Keywords: *Noemacheilus barbatulus*; bioindicator, channelization, agricultural landscape, Lower Saxony, endangered species, distribution pattern

Abstract: In the years 1983–1987, habitat and distribution of stone loaches (*Noemacheilus barbatulus*) were examined in 61 brooks (273 localities) in SE Lower Saxony, F. R. Germany, by using electrical fishing gears. *Noemacheilus barbatulus* was found to occur in 52.5% of the brooks which were mostly channelized and polluted organically.

N. barbatulus preferred brooks 1–3 m in width. Habitats were characterized by a low depth of water (2–20 cm), medium currents (0.2–0.5 m/s) and gravel substrates (diameter 3–8 cm).

N. barbatulus did not occur in most of the unpolluted upper reaches of the brooks examined. The species was common in relatively polluted lower reaches. Most findings were in semi-polluted habitats. The lack of the species in upper reaches was found to be due to artificial barriers which often divided the brooks and prevented recolonization after fish kills. The reasons for high abundances in semi-polluted waters, in comparison with other brook species, are a tolerance of *N. barbatulus* against organic pollution, the psammophilic reproductive behaviour, and the feeding biology of the species. *Noemacheilus barbatulus* can therefore not be used as a bioindicator for water quality.

In spite of the growing abundance of the species in many areas of the F. R. Germany, its red data book classification "endangered" is still justified as the species does not occur in many formerly inhabited areas.

Einleitung

Die Bachschmerle *Noemacheilus barbatulus* (LINNAEUS, 1758) gehörte lange zu den in der Bundesrepublik Deutschland stark gefährdeten Fischarten (BLAB & NOWAK 1977, BLESS 1978, BLESS & LELEK 1984). Die Bestände haben sich jedoch – zumindest regional – in den letzten Jahren deutlich erholt, und die Art kommt in vielen Gewässersystemen wieder vor. Rückbesiedlungen waren auch im südostniedersächsischen Raum festzustellen (BRUNKEN 1982, 1984). Dies war Anlaß für umfangreiche Untersuchungen über Verbreitung, Habitatansprüche und Ausbreitungsdynamik der Bachschmerle. In der vor-

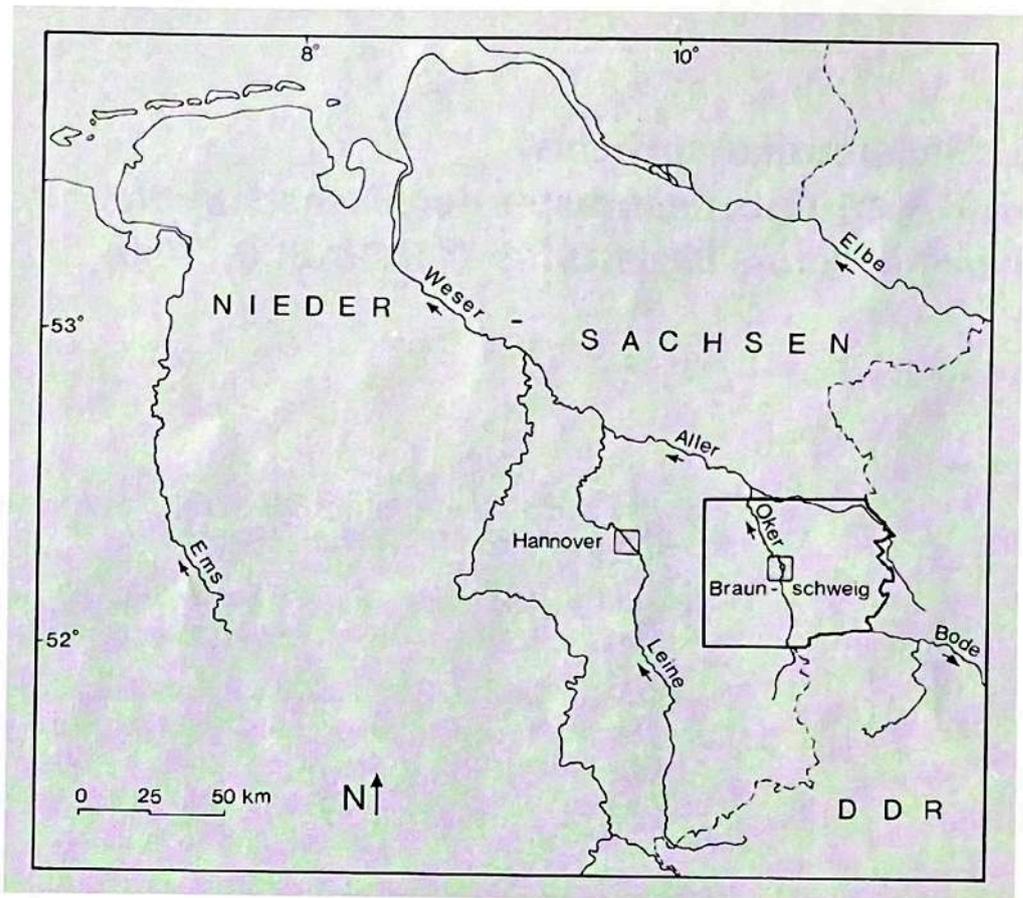


Abb. 1
Untersuchungs-
gebiet

liegenden Arbeit werden die Teilaspekte Lebensraumanprüche und Verbreitungsmuster behandelt (weitere Ergebnisse in BRUNKEN 1989).

Die ersten umfassenden ökologischen Untersuchungen über die Bachschmerle wurden von SMYLY (1955) an einer Population im englischen Lake District und von LIBOSVARSKY (1957) an tschechischen Populationen durchgeführt. Später erschienen Publikationen vor allem zur Nahrungsbiologie (MAITLAND 1965, PERRIN 1980, NEVEU 1981, HYSLOP 1982, WELTON et al. 1983, STREET & HART 1985), zum Aktivitätsverhalten (BURDEYRON 1981, BURDEYRON & BUISSON 1982) sowie zu Wachstum und Produktion (MORRIS 1964, KANNÖ 1969, SAUVONSAARI 1971, MILLS et al. 1983, MILLS & ELORANTA 1985). BLESS (1985) untersuchte Ökologie und Wiederbesiedlungsvorgänge bei Bachschmerlen in ehemals verödeten Gewässern der Agrarlandschaft in Nordrhein-Westfalen. Experimentelle Untersuchungen zum Schwimmverhalten der Bachschmerle führten STAHLBERG & PECKMANN (1986, 1987) durch.

Untersuchungs- gebiet

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) liegt im südöstlichen Niedersachsen am Übergang vom norddeutschen Hügelland (Lößbörde) zur norddeutschen Tiefebene und umfaßt die Flußgebiete der Aller, Oker, Schunter, Fuhse (Weserstromgebiet) und des Großen Grabens (Elbestromgebiet). Die meisten Untersuchungs-gewässer sind Bäche mit mittleren Abflußmengen (MQ) zwischen 0,05 und 0,5 Kubikmetern pro Sekunde. Die überwiegende Zahl der Gewässer ist – einschließlich der Oberläufe – streckenweise erheblich organisch belastet. Hauptverschmutzungsquellen sind kommunale Einleitungen aus Kläranlagen, Industrieabwässer und diffuse Belastungen durch

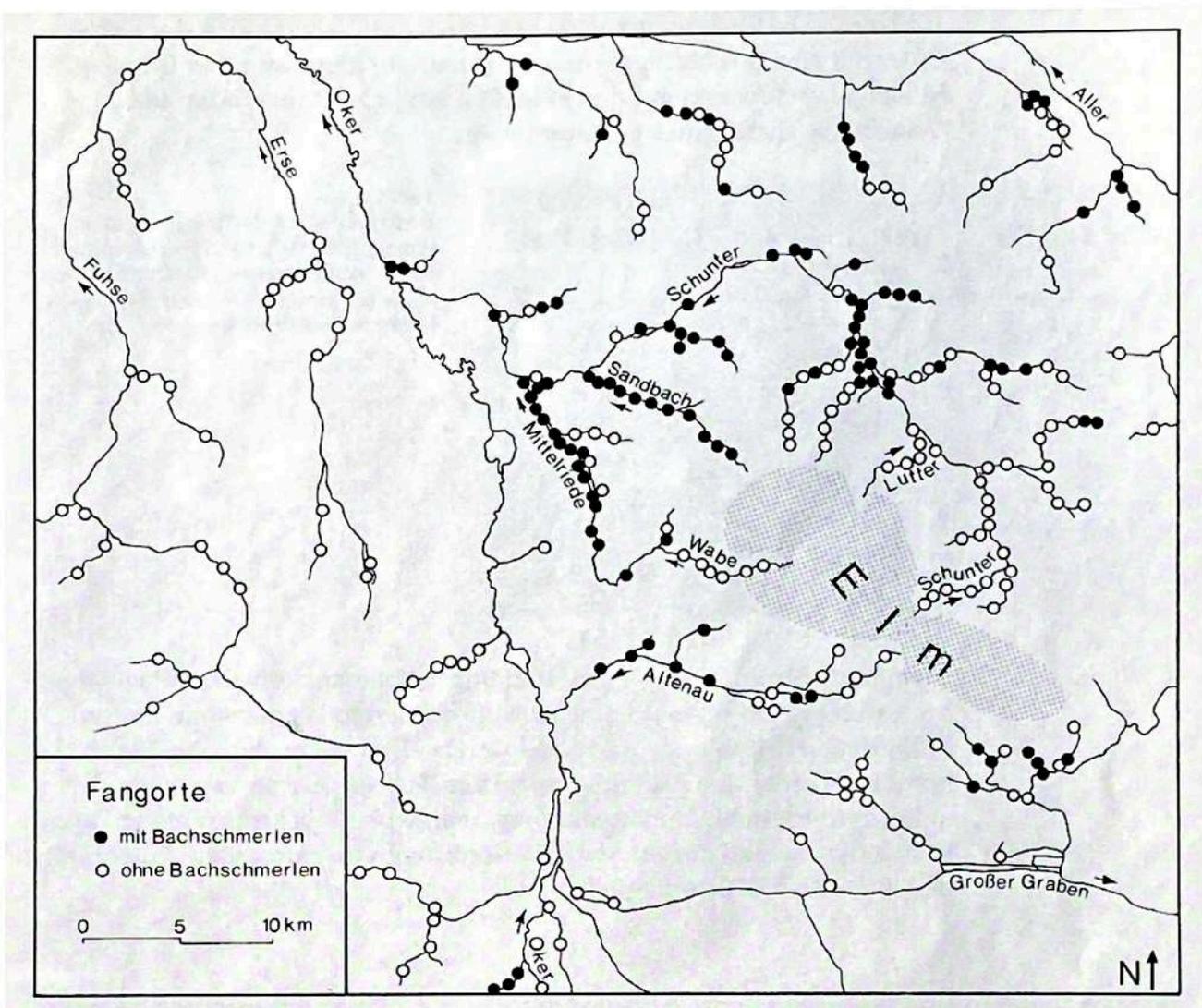


Abb. 2
Verbreitungsmuster
der Bachschmerle
im Untersuchungs-
gebiet für den
Zeitraum von
1983 – 1987.

intensive Landwirtschaft. Unbelastete oder gering belastete Abschnitte finden sich nur vereinzelt in Form von Quellen oder kleinen Rinnsalen. Die meisten Gewässer haben Güteklasse II (mäßig belastet) oder II-III (kritisch belastet), einige (besonders im Fuhsesystem) sind stärker verschmutzt (Eingleitungen der Industrie). Die meisten Gewässer sind naturfern ausgebaut und werden intensiv unterhalten. Für einen Teilbereich des Untersuchungsgebiets ergab eine 1984 durchgeführte detaillierte Fließgewässerkartierung (BRUNKEN 1986), daß sich von insgesamt 138,5 km Fließstrecke über 90 % in einem mehr oder weniger naturfernen Zustand befanden. Dieses Ergebnis läßt sich auf das gesamte Untersuchungsgebiet übertragen.

Methoden

Die Untersuchungen fanden von 1983 bis 1987 statt. Dabei wurden insgesamt 273 Fangorte, verteilt auf 61 Gewässer, befishet. Der Fang erfolgte mit einem tragbaren, batteriebetriebenen Elektrofischereigerät (Gleichstrom-Impulsgerät DEKA 3000, Fa. Mühlenbein, Marsberg). An jedem Fangort wurden auf einer Bachlänge von etwa 100 bis 200 m alle morphologisch unterscheidbaren Kleinbiotope (z.B. Kolke, Riffeln, Buchten) befishet. Die Substratformen wurden durch Klassifizierung der Korngrößenfraktionen beschrieben (prozentualer Deckungsgrad der einzelnen Fraktionen, bezogen auf die Gewässergrundfläche; Einteilung nach Augenschein in Feinsediment < 0,1 mm, Sand 0,1–2 mm, Kies 2–10 mm, Steine 10–100 mm und Blöcke

>100 mm). Die Strömung wurde punktuell (auf halber Höhe der Wassersäule) mit einem Meßflügel (Fa. Ott, Kempten) gemessen. Die Gewässergüteangaben beruhen auf den aktuellen amtlichen Gütekarten des Wasserwirtschaftsamtes Braunschweig.

Einzugsgebiet [km ²]	Abflußmenge [m ³ /s]	Gewässerbreite [m]
0-10	0-0,05	0-0,5
10-20	0,05-0,15	0,5-1,0
20-30	0,15-0,20	1,0-1,5
30-40	0,20-0,25	1,5-2,0
40-50	0,25-0,30	2,0-3,0
50-100	0,30-0,60	3,0-5,0
100-200	0,60-1,30	5,0-10,0
>200	>1,30	>10,0

Tab. 1

Deskriptoren für die Gewässergröße: Einzugsgebiet (Quelle: Hydrographische Karte), Abflußmenge MQ (Quelle: Wasserwirtschaftsamt Braunschweig) und Gewässerbreite (eigene Messungen).

Detaillierte Strömungs-, Tiefen- und Substratmessungen zur Mikrohabitatbeschreibung erfolgten im Mai 1984 bei mittlerem Wasserstand an fünf Probestellen (Mittelriede und Sandbach bei Braunschweig). An diesen Punkten wurden die Aufenthaltsorte der Bachschmerlen so genau wie möglich festgestellt. Fluchtreaktionen waren beim Elektrofischfang kaum vorhanden, so daß die eindeutige Zuordnung von Fangort zu Aufenthaltsort in den meisten Fällen möglich war.

Verbreitung im Untersuchungsgebiet

An 38,5 % der Fangorte bzw. in 52,5 % der Untersuchungsgewässer wurde die Bachschmerle nachgewiesen (Abb. 2). Ihr Vorkommen erstreckte sich im wesentlichen auf Gewässer östlich der Oker, wobei sie in verschiedensten Fließgewässertypen und auch in Gräben vorkam. Völlig ohne Besiedlung waren nur das durchgehend stark belastete Gewässersystem der Fuhse und die größeren Moorgebiete.

Ein auffälliges Verteilungsmuster zeigten die Vorkommen im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Abb. 2). Hier liegt inmitten einer flachwelligen Landschaft der Elm, ein Höhenzug, der bis zu 200 m höher als die umgebende Landschaft ist. Die Bachoberläufe an den seitlichen Abfällen des Elms waren stets ohne Bachschmerlenvorkommen, obwohl mit der Bachschmerle oft vergesellschaftete Fischarten wie z.B. Bachforelle *Salmo trutta f. fario* oder Dreistachliger Stichling *Gasterosteus aculeatus* vorhanden waren. Zusammenhängende Vorkommen der Bachschmerle existierten dagegen in den unterhalb gelegenen Bachabschnitten des dem Elm vorgelagerten Hügellandes und in den Niederungen der Flußauen.

Habitatmerkmale

Bachschmerlen konnten sowohl im Hügelland als auch im Flachland in Gewässern verschiedenster Größe nachgewiesen werden: von kleinen Rinnsalen mit 0,5 m Breite und wenigen Zentimetern Tiefe (MQ < 0,05 m³/s) über die besonders zahlreichen Vorkommen in Gewässern mit Breiten von 1 bis 3 m bis hin zu größeren, 3 bis 10 m breiten Bächen. Neben den stark

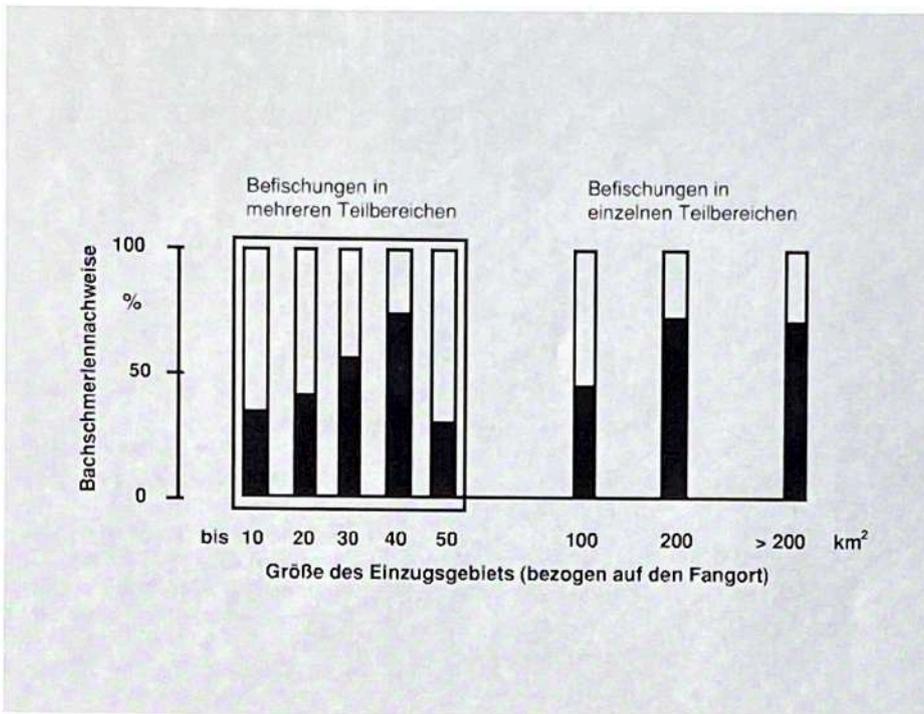


Abb. 3:
Fangorte mit Bachschmerlennachweis in Beziehung zur Gewässergröße.

Die Gewässergröße ist als Fläche des Einzugsgebietes am Fangort definiert.

Anzahl der Fangorte:

- 76 (bis 10 km²),
- 58 (bis 20 km²),
- 31 (bis 30 km²),
- 20 (bis 40 km²),
- 16 (bis 50 km²),
- 13 (bis 100 km²),
- 4 (bis 200 km²),
- 12 (über 200 km²).

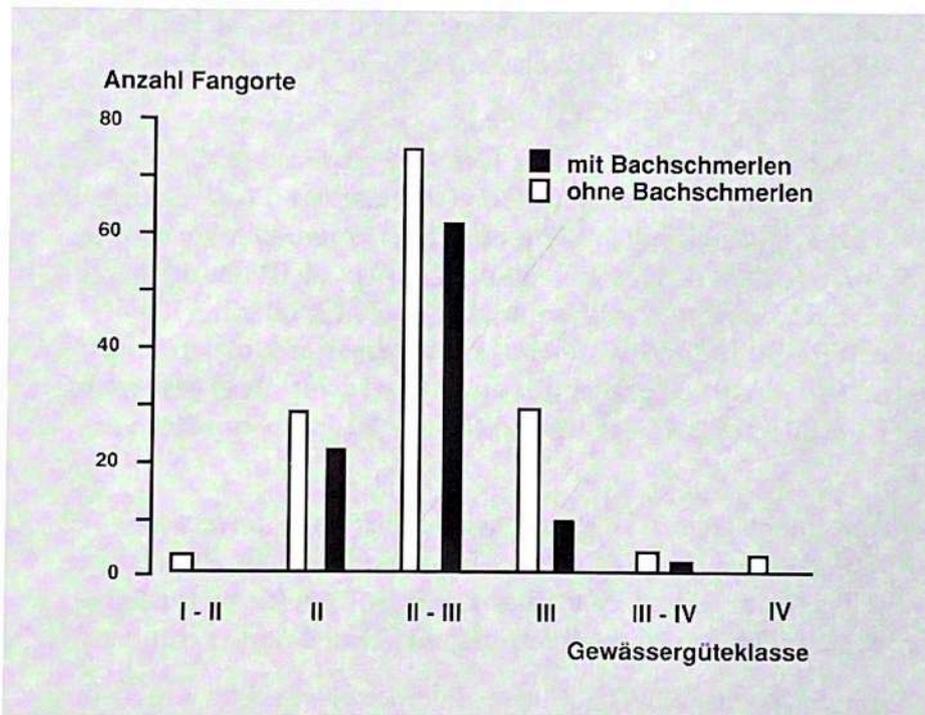


Abb. 4:
Fangorte mit Bachschmerlennachweis in Beziehung zur Gewässergüte.

- I-II „gering belastet“
- II „mäßig belastet“
- II-III „kritisch belastet“
- III „stark verschmutzt“
- III-IV „sehr stark verschmutzt“
- IV „übermäßig verschmutzt“

variablen Parametern Gewässerbreite und Abflußmenge wurde zur Beschreibung der Gewässergröße die Fläche des Einzugsgebietes, bezogen auf den jeweiligen Fangort, verwendet (Tab. 1).

Am häufigsten kamen Bachschmerlen in Gewässern mit Einzugsgebieten zwischen 30 und 40 km² (Größe entsprechend einer durchschnittlichen Gewässerbreite von 1,5–2 m) vor. Hier wurden an 75 % aller Fangorte Bachschmerlen gefangen (Abb. 3). Je größer die Gewässer waren, desto seltener kamen Bachschmerlen vor. Die häufigen Nachweise auch in Gewässern mit Einzugsgebieten von über 50 km² waren zum Teil methodisch bedingt: aufgrund ihrer Größe konnten oft nur die Flachwasserzonen befischt werden. Da diese in der Regel besonders geeignete Habitate für die Bach-

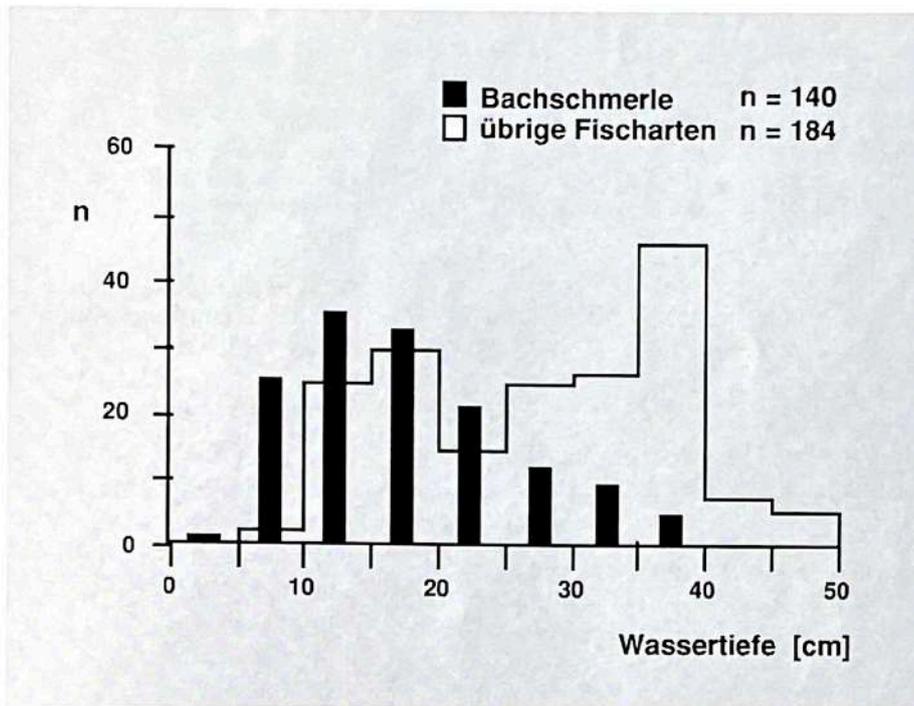


Abb. 5: Verteilung von Bachschmerlen in Beziehung zur Wassertiefe (zusammengefaßt für 5 Fangorte, Mittelriede und Sandbach, Mai 1984). Zum Vergleich ist die Verteilung der vergesellschafteten Fischarten (überwiegend Gründling, Drei- und Neunstachliger Stichling, Flußbarsch) dargestellt.

schmerlen darstellen, waren diese überproportional vertreten. Die Ergebnisse zeigen jedoch deutlich, daß Bachschmerlen auch in größeren Gewässern regelmäßig vorkommen.

Die Zuordnung der Fangergebnisse zur **Gewässergüte** zeigt, daß Bachschmerlen in Gewässerabschnitten mit den Güteklassen II (mäßig belastet) und II-III (kritisch belastet) regelmäßig und individuenreich vorhanden waren (Abb. 4). Die Zahl der Nachweise bei Güteklasse III (stark verschmutzt) war zwar geringer, insgesamt aber noch auffällig hoch. Hier wurden zum Teil sehr individuenreiche Populationen mit vielen Jungfischen festgestellt. Dagegen gab es nur einen Nachweis ohne Jungfischvorkommen aus einem Gewässer mit Güteklasse III-IV (sehr stark verschmutzt).

In den wenigen unbelasteten oder nur gering belasteten Gewässerabschnitten (Güteklasse I oder I-II) wurden keine Bachschmerlen gefangen. Derartige Bachstrecken lagen jedoch meist sehr isoliert; für viele kleine Gewässer mit guter Wasserqualität waren keine Gütedaten verfügbar.

Die Verteilung der Bachschmerlen innerhalb eines Gewässers wurde im wesentlichen von der morphologischen Struktur bestimmt. Auch in extrem kanalisierten und befestigten Abschnitten gab es zum Teil recht hohe Bachschmerlenbestände. Hier beschränkten sich die Vorkommen jedoch auf kleinräumige, zum Teil nur punktuell vom Regelprofil abweichende Teilbereiche (meist flache Profilaufweitungen, besonders häufig im Bereich von Brücken). Deren Fläche war relativ klein; sie betrug z.B. in der Mittelriede durchschnittlich 160 m² und im Sandbach 150 m².

Typische Bachschmerlenhabitate wiesen vor allem eine geringe Wassertiefe, mittlere Strömungsgeschwindigkeit und ein grobsteiniges Substrat auf, wobei die einzelnen Merkmale relativ stark variieren konnten.

Eindeutige Präferenzen wurden bei der **Gewässertiefe** festgestellt. Tiere aller Altersklassen besiedelten bevorzugt flache Bereiche zwischen 2 und

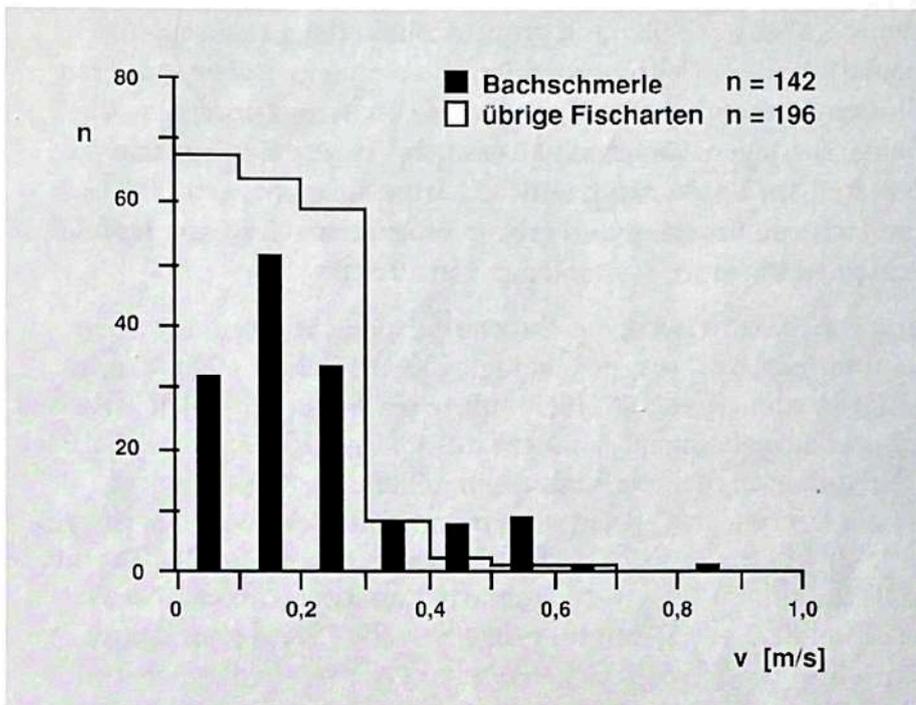


Abb. 6: Fangorte mit Bachschmerlen-nachweis in Beziehung zur Wasserströmung (zusammengefaßt für 5 Fangorte, Mittelriede und Sandbach, Mai 1984). Zum Vergleich ist die Verteilung der vergesellschafteten Fischarten (überwiegend Gründling, Drei- und Neunstachliger Stichling, Flußbarsch) dargestellt.

20 cm. Besonders hohe Abundanzen wurden häufig dort festgestellt, wo das Wasser – im Gegensatz zum übrigen Lauf – nur wenige Zentimeter tief war und das Substrat (meist Steine) in einem mosaikartigen Muster die Wasseroberfläche durchbrach. Eindeutig gemieden wurden dagegen Wassertiefen über 50 cm (Abb. 5).

Die Bachschmerle besiedelte vorwiegend langsam bis rasch fließende Bereiche mit **Strömungsgeschwindigkeiten** zwischen 0,1 und 0,7 m/s in der fließenden Welle (gemessen auf halber Höhe der Wassersäule). Die höchsten Abundanzen von bis zu 5 adulten Indiv./m² wurden bei Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 0,2 bis 0,5 m/s (bei ca. 5 bis 10 cm Wassertiefe) festgestellt. Häufig kamen Bachschmerlen auch in stärker strömenden Bereichen (ca. 0,9 bis 1,0 m/s) vor, vereinzelt auch in extrem ruhigen Bereichen (eine individuenreiche Population in einem nahezu stehenden Entwässerungsgraben ohne direkte Anbindung an ein Fließgewässer; eine reproduzierende Population in einem eutrophen, sommerwarmen Fischteich). Bei den Mikrohabitatuntersuchungen, die in insgesamt relativ langsam fließenden Gewässerabschnitten durchgeführt wurden, kamen die meisten Bachschmerlen bei Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,2 m/s vor (Abb. 6).

Nach LIBOSVARSKY (1957) bevorzugt die Bachschmerle keine bestimmte Wasserströmung. Ähnliche Ergebnisse fand SCHERER (1965) bei experimentellen Untersuchungen. Nach BAGLINIERE & ARRIBE-MOUTOUNET (1985) besiedelte die Bachschmerle im Vergleich zu eher rheophilen Arten (u.a. Bachforelle, Groppe *Cottus gobio*) Bereiche geringerer Strömungsgeschwindigkeit.

Bachschmerlen kamen auf nahezu allen im Untersuchungsgebiet anzutreffenden **Substratformen** vor: ein eindeutiger Verbreitungsschwerpunkt lag bei steinigem Substraten. Besonders dicht besiedelt waren mittlere Korngrößen von 3 bis 8 cm bei etwa 80 % Bodendeckung (Abundanzen bis zu 5 adulte Indiv./m²), wobei die Lücken zwischen den Steinen vor allem mit

Feinsedimenten, aber nur selten mit grobem Sand oder Kies ausgefüllt waren. Ebenfalls hohe Besiedlungsdichten existierten zwischen größeren Steinen (Blöcken), besonders dann, wenn diese dicht und unregelmäßig verteilt aneinander lagen. Daneben gab es auch Vorkommen auf reinem Sand, festem tonigen Untergrund, reinen Detritusablagerungen (z.B. über Beton im Bereich von Brücken) und grob gepflastertem Gewässergrund (z.B. bei Pflastersteinen mit einer Kantenlänge von 20 cm).

Die Aussage von SMYLY (1955), daß Substratformen ohne Bedeutung („evidently unimportant“) für die Ökologie dieser Fischart seien, konnte nicht bestätigt werden. SCHERER (1965) führte bei einem Vergleich zwischen natürlichen und ausgebauten Gewässern das stärkere Vorkommen der Bachschmerle in regulierten Bereichen auf einen höheren Anteil an Steinen zurück. Bei der überwiegend nacht- und dämmerungsaktiven Lebensweise der Schmerle sind besonders die Lücken zwischen den Steinen als Tagesverstecke von Bedeutung. BLESS (1985) konnte in Laborexperimenten eine Präferenz adulter Bachschmerlen für größere Steine (15 cm Durchmesser) nachweisen, wobei die Tiere im Gegensatz zur Groppe ein möglichst weiträumiges Hohlraumsystem bevorzugten. Auf die Bedeutung von Versteckmöglichkeiten für das Vorkommen von Bachschmerlen weisen auch GAUMERT (1981b) und NEVEU (1981) hin.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen keine Beziehung zwischen Bachschmerlenvorkommen und kiesigen Substraten (Korngrößen 2 bis 10 mm). Daß in vielen Beschreibungen speziell Gewässer mit kiesigem Grund als Lebensraum genannt werden (MUUS & DAHLSTRÖM 1968, TEROFAL 1978, GAUMERT 1981a, BORCHARD 1983), liegt vermutlich daran, daß es in natürlichen Bachschmerlengewässern bei heterogenen Strömungsverhältnissen auch viele kiesige Abschnitte gibt. Ein ursächlicher Zusammenhang muß hier jedoch nicht bestehen. Außerdem werden von den Autoren als „Kies“ sehr unterschiedliche Korngrößenfraktionen im Bereich von ungefähr 2 mm bis 100 mm bezeichnet (vgl. Übersicht in MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980).

Der Einfluß von **submerser Vegetation** auf die Verbreitung und Häufigkeit der Bachschmerle war gering. Als besiedlungsfeindlich erwiesen sich lediglich flächendeckende, voluminöse Pflanzenpolster von Arten mit stark verästelter, „filziger“ Wuchsform, z.B. der Gattung *Callitriche*. Ausgedehnte Pflanzenbestände mit „fädiger“ Wuchsform, z.B. *Potamogeton pectinatus*, besaßen dagegen zum Teil recht hohe Individuendichten. Bevorzugt besiedelt waren auch die in den Untersuchungsgewässern weit verbreiteten flutenden Algenrasen von *Cladophora* sp.

Jungfische besiedelten dieselben Gewässerabschnitte wie adulte Individuen, Unterschiede waren jedoch bei der Mikrohabitatwahl festzustellen: Individuen der Altersklasse 0+ (Totallänge zwischen 10 und 50 mm) bevorzugten geringe Wassertiefen von nur wenigen Zentimetern, besonders auf Feinsedimenten in Stillwasserzonen (z.B. Seitenbuchten). Dies stimmt mit Ergebnissen von BLESS (1985) überein, der bei Laborversuchen eine Präferenz der Jungtiere für sandige Substrate ermittelte. Es genügten jedoch bereits relativ kleinflächige Ablagerungen, z.B. im Totwasserbereich zwischen Steinen am Gewässergrund. Größere Jungfische wurden auch an stärker überströmten Bereichen (bis 0,6 m/s) über meist grobkantigen Steinen (Durchmesser etwa

2–6 cm) mit einer Vielzahl kleiner Zwischenräume gefangen (z.B. auf Schotter im Bereich von Eisenbahnbrücken).

Verbreitungsmuster

Die Bachschmerle zählt zu den in Niedersachsen „stark gefährdeten“ Fischarten (GAUMERT 1981a, 1986). Auch im Untersuchungsgebiet war die Bestandsentwicklung bis in die 1970er Jahre hinein stark rückläufig; die Bachschmerle war bis auf wenige Restpopulationen nahezu aus dem gesamten Gewässersystem verschwunden (BRUNKEN 1989). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch, daß sie heute nicht nur in weiten Teilen ihres ehemaligen Verbreitungsgebietes wieder vorkommt, sondern in vielen Gewässern eine der häufigsten Fischarten ist.

Das beobachtete Verbreitungsmuster widerspricht in vielen Punkten den Darstellungen in der Literatur. So ist die Bachschmerle im Untersuchungsgebiet keine „Begleitfischart der Bachforelle“ (LADIGES & VOGT 1979), sondern vorwiegend mit dem Gründling *Gobio gobio* und den beiden Stichlingsarten vergesellschaftet. Ebenso lebt sie nicht „nur im reinen Wasser der Bäche“ (SCHINDLER 1968), sondern in größerer Zahl auch in organisch belasteten sowie in naturfern ausgebauten Gewässern. Die Vorkommen beschränken sich nicht auf isolierte Bachoberläufe, wie z.B. bei GAUMERT (1981a) und HARSANYI (1986) beschrieben, sondern konzentrieren sich auf die strömungsärmeren und sommerwarmen Bachunterläufe. Die derzeitige Verbreitung der Bachschmerle im Untersuchungsgebiet könnte demnach als „**paradoxes Verbreitungsmuster**“ bezeichnet werden.

Bei der Suche nach Erklärungsmöglichkeiten stehen zwei Fragen im Vordergrund:

- (1) Warum fehlt die Bachschmerle in der Mehrzahl der relativ unbelasteten Bachoberläufe?
- (2) Warum kann die Bachschmerle in wesentlich stärker belasteten Bachunterläufen so hohe Siedlungsdichten erreichen?

Ausbreitungsbarrieren

Die gefällereichen Bachoberläufe am Elmland werden durch eine Vielzahl von ehemaligen Mühlenwehren zerschnitten. Allein am Oberlauf der Schunter befinden sich die Reste von 9 Wassermühlen auf ca. 4 km Bachstrecke und 9 auf 3 km Bachstrecke an der Lutter (OPPERMANN 1957). Die Vorkommen der Bachschmerle beschränken sich häufig auf den Bachbereich unterhalb eines derartigen Querbauwerkes, obwohl auch oberhalb geeignete Lebensbedingungen existieren. Das Fehlen der Bachschmerle in oberen Bachregionen dürfte daher auf fehlende Wiederbesiedlungsmöglichkeiten, z.B. nach einem lokalen Aussterben, zurückzuführen sein. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt BLESS (1985) in einem Lößgebiet bei Bonn; als Barrieren nennt er neben den Einleitungsstellen konzentrierter Abwässer und Verrohrungen auch Sohlschwelen, die schon ab 20 cm Fallhöhe für die Bachschmerle als nicht überwindbar anzusehen seien. Hinweise auf die Wirkung von Querbauwerken als Ausbreitungsbarrieren finden sich ebenso bei SMYLY (1955), GOLL & ZUCCHI (1983) und SCHWEVERS (1986).

Bestandsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Seit einigen Jahren nehmen die Hinweise zu, daß sich die Bachschmerle nach einem deutlichen Bestandsrückgang in vielen Regionen wieder ausbreitet – auch in anthropogen veränderten Gewässersystemen.

Im Norden der Bundesrepublik (Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein) sind die Vorkommen von Natur aus gering. In Niedersachsen ist die Bachschmerle – obwohl noch 1986 als „stark gefährdet“ klassifiziert – weit verbreitet und erreicht in Südwestniedersachsen teilweise sehr hohe Populationsdichten (GAUMERT 1986). In Nordrhein-Westfalen haben sich die Bestände erholt (BORCHARD et al. 1986), im Regierungsbezirk Detmold kann nicht mehr von einer Gefährdung gesprochen werden (GAEDE 1988). SCHMIDT et al. (1985) berichten von einem Massenvorkommen in einem naturfern ausgebauten Entwässerungsgraben in Nordrhein-Westfalen. In Hessen dürfte die kritische Zeit, in der die Bachschmerle als gefährdet galt, überwunden sein (BARLAS et al. 1987). HOLL & SCHWEVERS (1986) fanden im Stadtgebiet von Gießen reproduktive Bestände auch in extrem naturfern ausgebauten Gewässerstrecken. Im Saarland scheint die Bachschmerle wieder wesentlich häufiger vorzukommen (EISINGER, pers. Mitt. 1984). In Baden-Württemberg ist trotz regional starker Unterschiede in der Bestandsentwicklung landesweit kein weiterer Rückgang zu verzeichnen (BERG et al. 1989). Nach STRUBELT (pers. Mitt. 1983) war die Bachschmerle im Regierungsbezirk Tübingen um die Mitte des vorigen Jahrhunderts überall recht häufig, aber zwischen 1900 bis 1930 und in den späten 1970er Jahre relativ selten, während sich die Situation mit Beginn der 1980er Jahre erheblich verbessert hat. In Nordbayern ist die Bachschmerle „gleichmäßig verbreitet und weist in der Mehrzahl gute Bestandsdichten auf“ (HEINZ 1986), im südlichen Bayern soll die Bestandssituation nach KUSSMAUL (1986) noch immer rückläufig sein.

Die Bachschmerle als Bioindikator?

Die Bachschmerle zeichnet sich durch einige biologische Merkmale aus, die es ihr ermöglichen, auch in anthropogen belasteten Gewässern zu existieren.

Beobachtungen über die hohe Toleranz der Bachschmerle gegenüber Wasserverschmutzungen machten schon SMYLY (1955) und LIBOSVARSKY (1957) in den ersten umfassenden ökologischen Bearbeitungen dieser Art. LELEK (pers. Mitt. 1987) berichtet von Vorkommen in stark mit Wäschereiabwässern belasteten Abschnitten des Rokytna-Flusses (CSSR). In der Umgebung von Erfurt besiedelt sie ein weites Spektrum von oligosaproten bis alpha-mesosaproten Gewässern (MÜLLER, pers. Mitt. 1987). Nach STRUBELT (pers. Mitt. 1983) erträgt sie in Baden-Württemberg relativ hohe organische Gewässerverunreinigungen und tritt bei mittlerer organischer Belastung massenhaft auf. Weitere Hinweise auf ihr Vorkommen in stark organisch belasteten Gewässern finden sich bei GREENFIELD & IRELAND (1978), SPÄH & BEISENHERZ (1983), GAUMERT (1984), HEINZ (1986) und SCHWEVERS (1986). Die gegenteilige Aussage, daß sie gegenüber Verschmutzungen genauso empfindlich sei wie z.B. die Groppe (GOLL & ZUCCHI 1983), konnte auch bei der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Auf keinen Fall kann die Bachschmerle als Indikatorart für saubere Gewässer, wie bei WHEELER (1969) angegeben, herangezogen werden.

MAUCH (1976) verzichtet auf eine definitive Einordnung der Bachschmerle als Bioindikator und nennt die Saprobitätseinstufungen von neun verschiedenen Autoren: die vorgeschlagenen Klassifizierungen umfassen alle Saprobienstufen bis hin zur „ausgeprägten Alpha-Mesosaprobie“ (= Güteklasse III). Auch nach einer Untersuchung von CIHAR (1981) über die Auswirkungen von Gewässerverschmutzungen auf die Fischartenverteilung in einem tschechischen Gewässersystem ist die Bachschmerle – im Gegensatz zu Bachforelle und Elritze *Phoxinus phoxinus* – nicht als Indikator für Gewässergüte geeignet.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Bachschmerle Wasserqualitäten bis etwa Gewässergüteklasse II–III (kritisch belastet) gut ertragen kann. Als Begründung für die gegenüber früheren Jahren deutlich höheren Bachschmerlenbestände können seit Mitte der 1970er Jahre feststellbare Verbesserungen der Gewässergütesituation angenommen werden.

Als Ursachen für die relativ hohe Unempfindlichkeit der Bachschmerle gegenüber organischen Wasserverschmutzungen sind zu nennen:

- a) der hohe physikalische Sauerstoffeintrag in Flachzonen,
- b) die bei Cobitiden mehr oder weniger ausgeprägte Fähigkeit zur Darmatmung,
- c) die Tatsache, daß die Entwicklungsstadien der Bachschmerle (Eier, Larven) nicht auf ein sauerstoffreiches Kieslückensystem angewiesen sind.

Im Gegensatz dazu steht die besondere Empfindlichkeit der Bachschmerle gegenüber **Schwermetallen** (SOLBE & FLOOK 1975). Sie liegt z.B. bei Zink (bezogen auf die Letaldosis LD50) fünfmal so hoch wie beim Rotaugen, womit die Bachschmerle weniger als alle anderen in Großbritannien untersuchten Arten, einschließlich Elritze und Dreistachligem Stichling, verträgt (GREENFIELD & IRELAND 1978). Die Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen könnte eine Erklärung für das vollständige Fehlen der Bachschmerle in den vom Habitat her gut geeigneten, aber stark mit Schwermetallen belasteten Flüssen Oker und Innerste im Vorharz sein, wo gegenüber organischen Belastungen weitaus empfindlichere Fischarten, z.B. Elritze und Bachforelle, vorkommen (GAUMERT 1981a, REHFELDT 1984, 1986). Eine hohe Schwermetallbelastung der Oker könnte somit eine Verbreitungsbarriere darstellen und das weitgehende Fehlen der Bachschmerle in westlichen Nebengewässern der Oker erklären.

Fortpflanzungsbiologie

Von BALON (1975) wird die Bachschmerle als psammophile Art der „open substratum spawners“ klassifiziert. Die Eier werden wahllos ausgestreut und kleben an Steinen oder Pflanzen fest; auf feinen Sand fallende Eier binden umliegende Sandteilchen sofort zu einem Schutzmantel (STERBA 1958). Die Eientwicklung ist damit nicht auf ein sauerstoffreiches, grobporiges Interstitial (z.B. Kiesbänke) angewiesen. Hier besteht ein deutlicher Unterschied zu anderen Fließwasserarten wie z.B. Bachforelle, Bachneunauge *Lampetra planeri*, Elritze oder Groppe (nach BALON litophile „brood hidere“ bzw. „guarders“), die mit der Bachschmerle oft vergesellschaftet sind.

Da das Vorkommen kiesigen Substrats und sauerstoffreichen Interstitials in ausgebauten und abwasserbelasteten Gewässern stark verringert ist, steinige und sandige Substrate (Wasserbausteine, Treibsand aufgrund erhöhter Bodenerosion) dagegen vermehrt auftreten, wird die Bachschmerle in ihrer Fortpflanzung begünstigt (ebenso der Gründling mit seinen ähnlichen Laichansprüchen).

Nahrungs- biologie

Die Bachschmerle findet in Gewässern mit einer mittleren organischen Belastung besonders günstige Ernährungsbedingungen vor. Bei der Nahrungsaufnahme zeigt sie Präferenzen, die sie von den vergesellschafteten Fischarten unterscheidet. Verschiedene Untersuchungen zeigten, daß hauptsächlich Chironomiden-Larven, aber auch *Simulium*-Larven und Oligochaeten gefressen werden (MORRIS 1963, DOERING 1979, PERRIN 1980, HYSLOP 1982, WELTON et al. 1983, BLESS 1985, PIPER 1985). Die Zunahme von Chironomiden-Larven und Tubifiziden in organisch belasteten Gewässern bedeutet somit eine Erhöhung des Nahrungsangebots.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt vorwiegend während der Nacht oder in der Dämmerung, und zwar ausschließlich nach direkter Berührung mit den Barteln. Daher kann die Bachschmerle – im Gegensatz zu den mehr optisch orientierten Arten – sich auch bei starken Wassertrübungen (wie sie charakteristisch für belastete Gewässer sind) ohne Einschränkung ernähren. WELTON et al. (1983) stellten bei Habitatwahlexperimenten eine Bevorzugung von Makrophytenbeständen und feinem Substrat gegenüber Kiesgrund fest (Steine und Sand wurden nicht getestet). Auch hierdurch wird die Nahrungsaufnahme in belasteten Gewässern begünstigt, da diese häufig stark „verkrautet“ sind. Auf die mögliche Bedeutung von Feinsedimenten für die Nahrungsaufnahme weist BLESS (1985) hin.

Nach MILLS et al. (1983) ist das individuelle Wachstum (Länge, Gewicht) der Bachschmerle in nährstoffreichen Gewässern besser als in nährstoffarmen, was mit Wachstumsdaten (BRUNKEN 1989) und Vergleichswerten aus weniger belasteten englischen, finnischen und polnischen Gewässern (SMYLY 1955, MORRIS 1963 u. 1964, SAUVONSAARI 1971, PENCZAK et al. 1981) bestätigt werden konnte.

Wasserbauliche Maßnahmen

Neben der Belastung des Wassers mit organischen und anorganischen Stoffen tragen nach BORCHARD (1983), SPÄH & BEISENHERZ (1983) und BLESS (1985) vor allem wasserbauliche Maßnahmen zu einer Verringerung der Bachschmerlenbestände bei.

Die Wassertiefe soll in technisch ausgebauten Fließgewässern nach rein wasserbautechnischen Kriterien bei kleineren und mittleren Abflusssmengen möglichst groß sein (NAKEL 1971). Damit werden die von der Bachschmerle benötigten Flachwasserbereiche bereits von den Ausbaugrundsätzen her auf ein Minimum reduziert. Neben der günstigen Sauerstoffversorgung bewirken geringe Wassertiefen vor allem ein vermindertes Prädationsrisiko durch andere Fischarten, die aufgrund ihrer Körpergröße auf tieferes Wasser angewiesen sind. Eine Ausnahme ist der Aal *Anguilla anguilla*, der jedoch natürlicherweise in Bachoberläufen selten ist. Künstlich erhöhte Aalbestände können daher zu einer erheblichen Dezimierung der Bachschmerlenpopula-

tionen führen. Das Aufsuchen von Flachwasserbereichen trägt weiterhin zu einer Verringerung der Konkurrenz zum Gründling bei.

So wiesen kanalisierte Abschnitte (überwiegend einfache Trapezprofile mit relativ großen Wassertiefen) stets geringe Individuenzahlen auf, während die – meist isoliert im Gewässer liegenden – Flachwasserzonen dicht besiedelt waren. Derartige Abweichungen vom Regelprofil gab es vor allem bei Profilaufweitungen im Bereich von Brücken (besonders häufig z.B. am Stadtrand von Braunschweig). Hier stellten die zahlreichen Straßen- und Eisenbahnbrücken die einzigen „naturnahen“ Elemente in der sonst durchgehend naturfern ausgebauten Mittelriede dar. Die Besiedlungsdichte mit Bachschmerlen war daher trotz der insgesamt naturfernen Verhältnisse entsprechend hoch.

Bestands- entwicklung

Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß die Bachschmerle in der Lage ist, in gewissen Grenzen unter den veränderten Lebensbedingungen der Kulturlandschaft zu existieren, und daß sie sogar Arealgewinne verzeichnen kann. Arealveränderungen stellen nach BLAB et al. (1984) die wichtigsten Kriterien für die Abgrenzung der Gefährdungsstufen bei der Aufstellung sogenannter „Roten Listen“ dar. Da sich die Beurteilung der Gefährdungssituation jedoch auch nach der potentiellen, natürlichen Verbreitung richtet, bleibt die Einstufung der Bachschmerle in die Kategorie „3 – Gefährdet“ der bundesweiten Roten Liste (BLESS & LELEK 1984) gerechtfertigt; die Art ist immer noch lokal verschwunden oder weist regional nur kleine Bestände auf. Eine weitere Verbesserung der Bestandssituation bei der Bachschmerle wird neben Anstrengungen im Gewässerschutz und im naturnahen Wasserbau vor allem davon abhängen, ob ehemalige Areale durch natürliche Ausbreitungsmechanismen wiederbesiedelt werden können.

Zusammen- fassung

Von 1983 bis 1987 wurden in Südostniedersachsen bei Braunschweig Lebensraumansprüche und Verbreitung der Bachschmerle in 61 Fließgewässern (273 Fangorte) anhand von Elektrobefischungen untersucht. Bachschmerlen konnten in 52,5 % der überwiegend naturfern ausgebauten und organisch belasteten Gewässer nachgewiesen werden.

Bevorzugt besiedelt wurden 1–3 m breite Bäche. Geeignete Habitate zeichneten sich durch geringe Wassertiefe (2–20 cm), mäßig starke Strömung (0,2–0,5 m/s) und steinigtes Substrat (Korngrößen 3–8 cm) aus.

Die Bachschmerle fehlte in der Mehrzahl der relativ unbelasteten Bachoberläufe. In den zum Teil wesentlich stärker belasteten Bachunterläufen war sie dagegen weit verbreitet und erreichte stellenweise hohe Siedlungsdichten. Die meisten Vorkommen gab es in „mäßig“ und „kritisch“ belasteten Gewässerabschnitten (Güteklasse II bzw. II–III). Das Fehlen in den oberen Gewässerabschnitten konnte auf eine Vielzahl von Ausbreitungsbarrieren, die eine Neubesiedlung z.B. nach einem Fischsterben verhindern, zurückgeführt werden. Die Gründe für die zum Teil hohen Bestände in den stark anthropogen veränderten Bachunterläufen liegen in bestimmten biologischen Merkmalen der Bachschmerle, in denen sie sich von anderen Fließ-

gewässerfischarten unterscheidet. Hierzu gehören eine relativ hohe Toleranz gegenüber organischen Gewässerverunreinigungen, das psammophile Fortpflanzungsverhalten und die Nahrungsbiologie. Die Bachschmerle ist daher nicht als Bioindikator geeignet.

Trotz der in vielen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland wieder zunehmenden Bestände bleibt die Einstufung der Bachschmerle in die Kategorie „gefährdet“ der bundesweiten Roten Liste gerechtfertigt, da die Art auch weiterhin in vielen, ehemals besiedelten Arealen noch nicht wieder vorkommt.

Danksagung

Ich danke den Herren Prof. Dr. A. Lelek und Dr. G. R. Pelz (Forschungsinstitut Senckenberg) für die jederzeit gewährte Unterstützung. Wesentliche Teile der Arbeit wurden in der Sektion „Ichthyologie II und Fischökologie“ des Forschungsinstituts durchgeführt. Den Herren Prof. Dr. G. Rüppell (TU Braunschweig) und Dr. R. Fricke (Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart) danke ich für die jahrelange gute Zusammenarbeit. Den Herren Dr. R. Bless (BFA Naturschutz Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg) und D. Gaumert (Nds. LA Wasserwirtschaft, Hildesheim) sowie Frau I. Zweimüller (Universität Wien) danke ich für interessante Diskussionen, den Herren Eisinger (LA Umweltschutz, Saarbrücken), U. Müller (Erfurt) und T. Strubelt (Minist. Ländl. Raum Baden-Württemberg, Stuttgart) für schriftliche Mitteilungen.

Die Arbeit wurde mit Forschungsmitteln des Landes Niedersachsen und der Stiftung Volkswagenwerk gefördert.

Anschrift des Verfassers

Dr. Heiko Brunken
Zoologisches Institut der TU Braunschweig
Pockelsstr. 10a
D 3300 Braunschweig

Literatur

- BAGLINIÈRE, J. L. & D. ARRIBE-MOUTOUNET (1985): Microrepartition des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) de juvenile de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et des autres especes presentes dans la partie haute du Scorff (Bretagne). – *Hydrobiologia* 120: 229–239.
- BAHLO, K. (1988): Die Fischfauna kleiner Fließgewässer im Landkreis Northeim (Süd-niedersachsen) mit Anmerkungen zu ihrer Gefährdung. – *Braunschweiger Naturkundl. Schr.* 3 (1): 121–135.
- BALON, E.K. (1975): Ecological guilds of fishes: a short summary of the concept and its application. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: 2430–2439.
- BARLAS, M., H. BRUNKEN, A. LELEK, W. MEINEL & G.R. PELZ, (1987): Das Vorkommen der Fische in Fließgewässern des Landes Hessen. – *Natur in Hessen* (Hrsg.: Hess. Minist. Landwirtsch. Forst. Natursch.) 72 S.; Wiesbaden.
- BERG, R., S. BLANK & T. STRUBELT (1989): Fische in Baden-Württemberg. – (Hrsg.: Minist. Ländl. Raum Ernähr. Landwirtsch. Forst. Bad.-Württ.) 158 S.; Stuttgart.
- BLAB, J. & E. NOWAK (1977): Rote Liste der Fische (Pisces) und Rundmäuler (Cyclostomata). – In: BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP: Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. – *Naturschutz Aktuell* 1: 17–18; Greven (Kilda).

- BLAB, J., E. NOWAK, H. SUKOPP & W. TRAUTMANN (1984): Einleitung und Kriterien. – In: BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP: Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. – Naturschutz Aktuell 1, 4. Aufl., 270 S.; Greven (Kilda).
- BLESS, R. (1978): Bestandsänderungen in der Fischfauna in der Bundesrepublik Deutschland. – Naturschutz Aktuell 2, 66 S.; Greven (Kilda).
- BLESS, R. (1985): Zur Regeneration von Bächen der Agrarlandschaft, eine ichthyologische Fallstudie. – Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 26, 79 S.; Bonn-Bad Godesberg.
- BLESS, R. & A. LELEK (1984): Rote Liste der Fische und Rundmäuler (Pisces et Cyclostomata). – In: BLAB, J., E. NOWAK, W. TRAUTMANN & H. SUKOPP: Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. – Naturschutz Aktuell 1, 4. Aufl., 270 S.; Greven (Kilda).
- BORCHARD, B. (1983): Artenhilfsprogramm Schmerle (Cobitidae: *Noemacheilus barbatulus*). – Naturschutz Praktisch 35 (Hrsg.: Landesanst. Ökol. Landschaftsentw. Forstpl. NRW), 3 S.; Recklinghausen.
- BORCHARD, B., T. BRENNER & L. STEINBERG (1986): Fische in Nordrhein-Westfalen. – (Hrsg.: Minist. Umwelt Raumordn. Landwirtsch. NRW), 127 S.; Düsseldorf.
- BRUNKEN, H. (1982): Zur Kleinfischfauna in der Umgebung von Braunschweig. – Milvus 3: 25–33.
- BRUNKEN, H. (1984): Die Fischfauna im Einzugsbereich des Großen Graben in Südostniedersachsen. – Braunschweiger Naturkundl. Schr. 2 (1): 219–235.
- BRUNKEN, H. (1986): Zustand der Fließgewässer im Landkreis Helmstedt: ein einfaches Bewertungsverfahren. – Natur und Landschaft 61 (4): 130–133.
- BRUNKEN, H. (1989): Ausbreitungsdynamik der Bachschmerle *Noemacheilus barbatulus* (LINNAEUS, 1758). – im Druck.
- BURDEYRON, H. (1981): Activites rythmiques comportementales d'un poisson benthique, la loche, *Noemacheilus barbatulus* (L.) (Cobitidae), dans son milieu naturel et en laboratoire. – Diss. Univ. Lyon, 284 S.
- BURDEYRON, H. & B. BUISSON (1982): On a circadian endogenous locomotor rhythm of loaches (*Noemacheilus barbatulus* L., Pisces, Cobitidae). – Zool. Jb. Physiol. 86: 82–89.
- CIHAR, M. (1981): Einfluß von städtischen und landwirtschaftlichen Abfällen auf die Zusammensetzung der Ichthyofauna des Vymola-Bachs (in Tschechisch). – Casopsis Narodniho Muzea, rada prirodovedna 150 (1/2): 107–117.
- DOERING, P. (1979): *Cottus gobio* (L.) and *Nemacheilus barbatulus* (L.), a study on the diet of two zoobenthophagous fish with reference to resource partitioning. – Manuskript, 25 S., FU Berlin (Inst. Angew. Zool.)
- GAEDE, H. (1988): Fischartenkataster für den Bereich des Regierungsbezirks Detmold. – Natursch. Landschaftspfl. im Reg.-Bez. Detmold, Sonderheft (Hrsg.: Reg.-Präs. Detmold), 110 S. + 1 Karte; Detmold.
- GAUMERT, D. (1981a): Süßwasserfische in Niedersachsen, Arten und Verbreitung als Grundlage für den Fischartenschutz. – (Hrsg.: Niedersächs. Minist. Ernährung Landwirtsch. Forsten), 134 S.; Hannover.
- GAUMERT, D. (1981b): Die Fischfauna des Artlandes (Landkreis Osnabrück). – Osnabrücker Naturwiss. Mitt. 8: 139–160.
- GAUMERT, D. (1984): Vorkommen von Fischarten und Wasserqualität in Niedersachsen. – Arbeit. Deutsch. Fischereiverb. 40 (1983): 1–17; Offenbach.
- GAUMERT, D. (1986): Kleinfische in Niedersachsen, Hinweise zum Artenschutz. – Mitt. Niedersächs. Landesamt Wasserwirtsch., 4, 71 S.; Hildesheim.
- GOLL, A. & H. ZUCCHI (1983): Zur Fischfauna von Ruller Flut und Nette, Landkreis Osnabrück. – Osnabrücker Naturwiss. Mitt. 10: 43–59.
- GREENFIELD, J. P. & M. P. IRELAND (1978): A survey of the macrofauna of a coal-waste polluted Lancashire fluvial system. – Environ. Pollut. 16: 105–122.
- HARSANYI, A. (1986): Entwicklung der Fischfauna im Einzugsgebiet der niederbayerischen Donau seit Mitte des 19. Jahrhunderts. – Schriftenr. Arbeitsgem. Dtsch. Fischereiverwaltungsbeamten u. Fischereiwiss. 3: 1–39; Offenbach.

- HEINZ, M. (1986): Untersuchungen zur Situation bedrohter Fischarten in Nordbayern. – Diss. Univ. München, 223 S.
- HOLL, A. & U. SCHWEVERS (1986): Entwicklung der Fischbestände der Wieseck (Stadtgebiet) in Abhängigkeit von Gewässergüte und Nahrungsangebot. – In: Kolloq. Abfallwirtsch. Stadtökol.: 158–171, Univ. Gießen.
- HYSLOP, E.J. (1982): The feeding habits of 0-plus stone loach *Noemacheilus barbatulus* and bullhead *Cottus gobio*. – J. Fish Biol. 21 (2): 187–196.
- KANNÖ, S. (1969): Growth and age distribution of some fish species in the river Paimionjoki, southwestern Finland. – Ann. Zool. Fenn. 6: 87–93.
- KUSSMAUL, R. (1986): Untersuchungen zur Situation der bedrohten Fischarten des bayerischen Alpen- und Donaugebietes. – Diss. Univ. München, 178 S.
- LADIGES, W. & D. VOGT (1979): Die Süßwasserfische Europas. – 2. Aufl., 299 S.; Hamburg.
- LIBOSVARSKY, J. (1957): On the ecology and reproduction of the stone loach *Nemacheilus barbatulus* (L.). – Zool. Listy 6 (20): 367–386.
- MAITLAND, P.S. (1965): The feeding relationships of salmon, trout, minnows, stone loach and three-spined sticklebacks in the river Endrick, Scotland. – J. Anim. Ecol. 34: 109–133.
- MANGELSDORF, J. & K. SCHEURMANN (1980): Flußmorphologie, ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure. – 262 S., München.
- MAUCH, E. (1976): Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 21 (5): 742–753, 797.
- MILLS, C. A. & A. ELORANTA (1985): Reproductive strategies in the stone loach *Noemacheilus barbatulus*. – Oikos 44: 341–349.
- MILLS, C. A., J. S. WELTON & E. L. RENDLE (1983): The age, growth and reproduction of the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) in a Dorset chalk stream. – Freshw. Biol. 13: 283–292.
- MORRIS, V. (1963): A comparison of the biology of minnow, loach and bullhead from hard and soft water streams. – Proc. 1st Brit. Coarse Fish Conf.: 8–16.
- MORRIS, V. (1964): A comparison of the biology of minnow, loach and bullhead from hard and soft waters. – Diss., Univ. Liverpool.
- MUUS, B. J. & P. DAHLSTRÖM (1968): Süßwasserfische. – 224 S.; München.
- NAKEL, E. (1971): Gewässerausbau. – 303 S.; Berlin.
- NEVEU, A. (1981): Densité et microrepartition des différentes espèces des poissons dans basse nivelle, petit fleuve côtier des Pyrénées Atlantiques. – Bull. Français Piscicult. Nr. 280: 86–103.
- OPPERMANN, W. (1957): Wasserwirtschaft. – In: H. POHLENDT: Der Landkreis Helmstedt. Die Landkreise in Niedersachsen 15: 124–136; Bremen.
- PENCZAK, T., M. ZALEWSKI, E. SUSZYCKA & M. MOLINSKI (1981): Estimation of the density, biomass and growth rate of fish populations in two small lowland rivers. – Ekol. Pol. 29 (2): 233–255.
- PERRIN, J. F. (1980): Structure and functioning of French Upper Rhone ecosystems. 14. Alimentary preferences of the common loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) by a modified points method. – Hydrobiol. 71 (3): 217–224.
- PIPER, W. (1985): Untersuchungen zu den Räuber-Beute-Beziehungen zwischen carnivoren Fließwasserorganismen und präimaginalen Stadien der Kriebelmücke (Diptera: Simuliidae). – Diplomarbeit Univ. Hamburg, 49 S.
- REHFELDT, G. (1984): Bewertung ostniedersächsischer Flußauen durch Bioindikatorsysteme, Modell einer Landschaftsbewertung. – Diss. TU Braunschweig, 259 S.
- REHFELDT, G. (1986): Zur Ökologie und Brutbiologie einer binnenländischen Population des Mittelsägers (*Mergus serrator*). – Ökol. Vögel 8: 133–144.
- SAUVONSAARI, J. (1971): Biology of the stone loach (*Nemacheilus barbatulus* L.) in the lakes Päijänne and Pälkänevesi, southern Finland. – Ann. Zool. Fennici 8: 187–193.
- SCHERER, E. (1965): Analytisch-ökologische Untersuchungen zur Verteilung tierischer Bachbesiedler. – Diss. Univ. Gießen, 66 S.

- SCHINDLER, O. (1968): Unsere Süßwasserfische. – 234 S.; Stuttgart.
- SCHWEVERS, U. (1986): Die Fischfauna von Wissmarbach, Gleibach, Fohnbach und Bieberbach. – Gutachten 120 S.; Gießen (unveröffentlicht).
- SMYLY, W. J. (1955): On the biology of the stone loach *Nemacheilus barbatulus* (L.). – J. Anim. Ecol. 24: 167–186.
- SOLBE, J. F. & V. A. FLOOK (1975): Studies on the toxicity of zinc sulphate and of cadmium sulphate to stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) in hard water. – J. Fish Biol. 7: 631–637.
- SPAH, H. & W. BEISENHERZ, 1983): Faunistische und ökologische Untersuchungen am Fischbestand des Elsesystems (Ostwestfalen/Kreis Osnabrück). – Decheniana 136: 113–251.
- STAHLBERG, S. & P. PECKMANN (1986): Bestimmung der kritischen Strömungsgeschwindigkeit für einheimische Kleinfischarten. – Wasserwirtsch. 76 (7/8): 340–342.
- STAHLBERG, S. & P. PECKMANN (1987): The critical swimming speed of small teleost fish species in a flume. – Arch. Hydrobiol. 110 (2): 179–193.
- STERBA, G., 1958: Die Schmerlenartigen (Cobitidae). – In: R. DEMOLL, H. N. MAIER & H. H. WUNDSCH (Hrsg.): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Band IIIB, 352 S.; Stuttgart.
- STREET, N. E. & P. J. B. HART (1985): Group size and patch location by the stone loach, *Noemacheilus barbatulus*, a non-visually foraging predator. – J. Fish Biol. 27: 785–792.
- TEROFAL, F. (1978): Fische (Unsere Süßwasser- und Meeresfische nach Farbfotos bestimmen). – 144 S.; München.
- WELTON, J. S., C. A. MILLS & E. L. RENDLE (1983): Food and habitat partitioning in two small benthic fishes, *Noemacheilus barbatulus* (L.) and *Cottus gobio* L. – Arch. Hydrobiol. 97 (4): 434–454.
- WHEELER, A. (1969): The fishes of the British Isles and North-West Europe. – 613 S.; London.
- Gewässergütekarte 1985, aufgestellt vom Wasserwirtschaftsamt Braunschweig nach dem biologischen Zustandsbild.
- Gewässergütekarte 1986, für den Dienstbezirk des Wasserwirtschaftsamtes Braunschweig, aufgestellt nach dem biologischen Zustandsbild.
- Hydrographische Karte Niedersachsen, Maßstab 1:50 000 (Hrsg.: Niedersächsischer Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten); Hannover 1983.