Amphibien und Fische — Ergebnisse experimenteller Freilanduntersuchungen

von **Peter Breuer**

Abstracts

Amphibians and fishes — results of field experiments.

The influence of juvenile rainbow-trouts on the survival rate of the *Bufo bufo*-larvae and *Rana temporaria*-larvae was tested in four experimental ponds. With one exception the survival rate of *Bufo bufo* is higher than that of *Rana temporaria*.

In another four experimental ponds the effect of different fish stocks (omnivorous and carnivorous species and two age groups) on coexisting *Bufo bufo*- and *Rana temporaria*-larvae was determined. Finally the influence of different size of shallow areas in the experimental ponds on the survival rates of those species was tested under the influence of subadults carps, *Cyprinus carpio*.

Generally survival rates of *Bufo bufo*-larvae are higher than those of *Rana temporaria*-larvae. Under the influence of stocking with subadult fish, the survival rate of amphibian larvae is reduced. Additional stock of carnivorous fish has an especially negative effect. In contrast to *Rana temporaria, Bufo bufo*-larvae reach metamorphosis in every tested case.

Shallow areas positively influence the survival rate of *Bufo bufo*- and *Rana temporaria* larvae.

The survival ability of *Bufo bufo*-larvae is understood to be an effect of their specific protective mechanisms. These enabled the common toad to survive in intensely used commercial fish ponds, confirmed by the reports of other authors. In contrast, *Rana temporaria*-larvae lack protective mechanisms to counter predators. This is reflected by their high mortality rate.

1. Einleitung

Mit Ausnahme des Alpensalamanders (*Salamandra atra*) durchlaufen alle mitteleuropäischen Amphibienarten ein wassergebundenes Larvenstadium und sind damit in erster Linie von offenen Gewässern abhängig. Dadurch erschließen sie sich zwar zusätzliche Nahrungsquellen in anderen Lebensräumen, andererseits sind die Eier und die Larven zusätzlichen Prädatoren ausgesetzt.

Zum Teil wird dies durch hohe Reproduktionsraten (bis über 10000 Eier bei der Wechselkröte, *Bufo viridis*) kompensiert. Bei anderen Arten verläuft die Embryonalentwicklung im Muttertier (Feuersalamander, *Salamandra salamandra*) oder es wird Brutpflege betrieben (Geburtshelferkröte, *Alytes obstetricans*). Desweiteren bevorzugen einige Arten ephemere Gewässer, in denen die Eier und Larven zwar der Gefahr des Austrocknens ausgesetzt sind, in denen aber auch die Zahl potentieller Prädatoren (Libellenlarven, Wasserkäfer, deren Larven, Wasserwanzen und Fische) dementsprechend gering ist.

Demgegenüber stehen die Arten mit ausgeprägten Schutzmechanismen und weitestgehender Laichplatztreue, die dadurch ihre geringere Reproduktionsrate kompensieren. Als typischer Ver-

treter ist hier die Erdkröte (*Bufo bufo*) zu nennen. Deren Larven setzen bei Verletzungen einen Schreckstoff frei, der die anderen Erdkrötenlarven dazu veranlaßt, nach allen Seiten zu stieben oder sich zu Boden sinken zu lassen (EIBL-EIBESFELDT 1949, FRISCH 1941, HEUSSER 1980). Zudem sind die *Bufo bufo*-Larven in Schwärmen anzutreffen (HEUSSER 1960). Dadurch wird es Prädatoren erschwert, ein bestimmtes Tier im Schwarm zu fixieren und zu ergreifen (EIBL-EIBESFELDT 1962) und deren Fresseffizienz verringert. Der Bitterstoff, der viele Räuber vom Fressen abhält, ist für die Larven aller mitteleuropäischer Bufonidae nachgewiesen (FLINDT & HEMMER 1969, HEUSSER 1971, HEUSSER & SCHLUMPF 1971).

Über vergleichbare Schutzmechanismen der Larven anderer Amphibienarten ist nichts bekannt. Untersuchungen und Beobachtungen zeigen, daß verschiedene Räuber Erdkrötenlarven meiden, die Larven des Grasfrosches, *Rana temporaria*, aber fressen (BROGGI 1975, GEBHARDT 1985, GLANDT 1983, 1984, 1985, HEUSSER & SCHLUMPF 1971, JAKOBUS 1987).

Durch die Zerstörung und ökologische Veränderung naturnaher Gewässer sind die ursprünglichen und typischen Laichgewässer der Amphibien weitgehend verschwunden. Zum Teil konnten die Arten in Sekundärbiotopen, die in den Abbauflächen von Kies, Sand und Ton entstanden sind, einen Ersatz finden (z.B. Gelbbauchunke, *Bombina variegata*, oder Laubfrosch, *Hyla arborea*). Selbst vorwiegend laichplatztreue Arten wie *Bufo bufo* oder *Rana temporaria* können in stabilen Kleingewässern größere Populationen aufbauen. Durch einen erhöhten Fischbesatz und die mit einer Nutzung verbundenen Begleitmaßnahmen, wie Veränderung des Teichprofils, Entfernen der Wasserpflanzen, regelmäßiges Ablassen der Gewässer und Kalkung des Teichbodens sowie durch starken Publikumsverkehr, (BLAB 1976, 1986, FELDMANN 1962, HEUSSER & SCHLUMPF 1971, KAUFMANN 1976, MEISTERHANS & HEUSSER 1970, MÜLLER 1968, SCHLÜPMANN 1982, SCHMIDTLER 1982) sind die Laichgewässer als Minimumfaktor für die heimischen Amphibien (BLAB 1986) und andere Tiergruppen (HONEGGER 1981) besonders betroffen.

Die Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von Freßversuchen die von verschiedenen Autoren (BAUER 1983, BROGGI 1975, GEBHARDT 1985, GLANDT 1985) unter ähnlichen, mehr oder weniger künstlichen Bedingungen (in Aquarien und Limnocoralls) an den Larven verschiedener Arten durchgeführt wurden.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsteiche

Um die Versuche unter möglichst realistischen aber doch überschaubaren und kontrollierbaren Bedingungen vornehmen zu können, standen zunächst kleine Teiche (V-1 bis V-4) im Vorderen Taunus zur Verfügung (Abb. 2), die bei BREUER & VIERTEL (1990) näher beschrieben sind. Für die weiteren Versuche wurden im Freigelände der Johannes Gutenberg-Universität vier Folienteiche (V-11 bis V-14) angelegt (Abb. 3). Diese wurden weitgehend identisch mit emersen und submersen Wasserpflanzen bepflanzt.

Alle Versuchsteiche wurden mit einem Fangzaun aus Plastikfolie umgeben. Die abwandernden, frisch metamorphosierten Amphibien wurden arten- und zahlenmäßig in kleinen Bodenfallen entlang des Zauns erfaßt. Außerdem konnte die Zuwanderung unerwünschter Amphibien vermieden werden.

	Triturus alpestris	*Triturus vulgaris*	*Bufo bufo*	*Bufo calamita*	*Bufo viridis*	*Rana esculenta K.*	*Rana temporaria*	*Bombina variegata*
Oncorhynchus mykiss	◐	●	▽	◐	⦶	●	●	●
Rutilus rutilus			○	●	○	●	●	●
Leuciscus cephalus	●	●	●	●	●	●	●	●
Scardinius erythrophth.	◐	●	○	●	○	●	●	▽
Tinca tinca	◐	●	○	●	○	▽	▽	●
Abramis brama			○	●	◐	●	○	●
Carassius carassius			○	◐	◐	●	●	●
Carassius aur. gibelio			○				●	
Cyprinus carpio			○	●	●	●	●	●
Anguilla anguilla	●	●	⦶		⦶	●	◐	●
Perca fluviatils			●	○	○	●	●	●

● starke Schädigung ◐ mittlere Schädigung ⦶ geringe Schädigung

○ keine Schädigung ▽ widersprüchliche Angaben

Abb. 1: Übersicht zum Predationsverhalten ausgewählter Fischarten (mit wirtschaftlicher Bedeutung nach LADIGES & VOGT 1979) an den Larven mitteleuropäischer Amphibien (nach BAUER 1983, BREUER & VIERTEL 1990, BROGGI 1975, GEBHARDT 1985, GLANDT 1985, JAKOBUS 1986)

Predation of comercial fish-species (LADIGES & VOGT 1979) on the larvae of central European amphibia (according to BAUER 1983, BREUER & VIERTEL 1990, BROGGI 1975, GEBHARDT 1985, GLANDT 1985, JAKOBUS 1986)

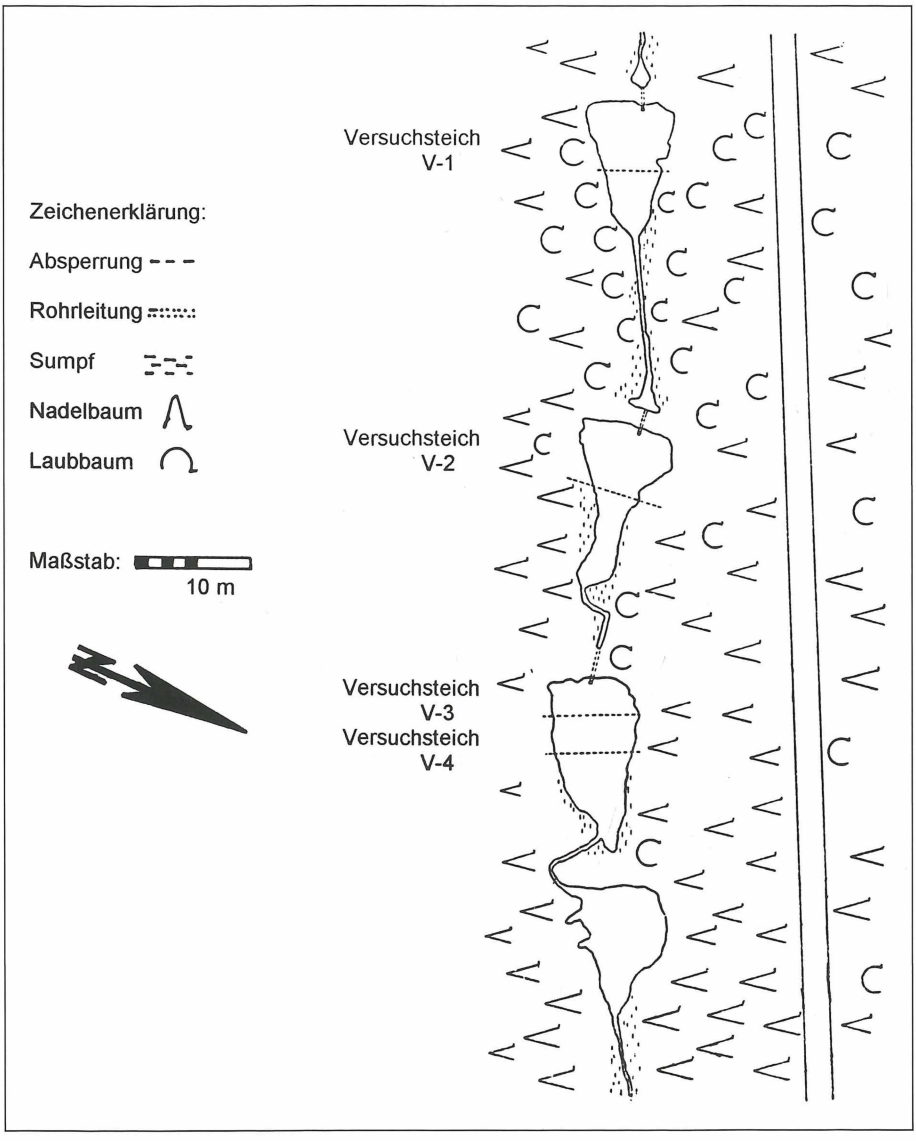

Abb. 2: Lage und Größe der Versuchsteiche; **V-1** Pegelstand 60 cm, Wasserfläche 35 m², Volumen 13.000 l; **V-2**: Pegelstand 70 cm, Wasserfläche 34 m², Volumen 12.500 l; **V-3**: Pegelstand 80 cm, Wasserfläche 23 m², Volumen 12.000 l; **V-4**: Pegelstand 80 cm, Wasserfläche 24 m², Volumen 12.000 l

Site and dimensions of the experimental ponds; **V-1**: water level 60 cm, surface of water 35 m², volume 13.000 l; **V-2**: water level 70 cm, surface of water 34 m², volume 12.500 l; **V-3**: water level 80 cm, surface of water 23 m², volume 12.000 l; **V-4**: water level 80 cm, surface of water 24 m², volume 12.000 l

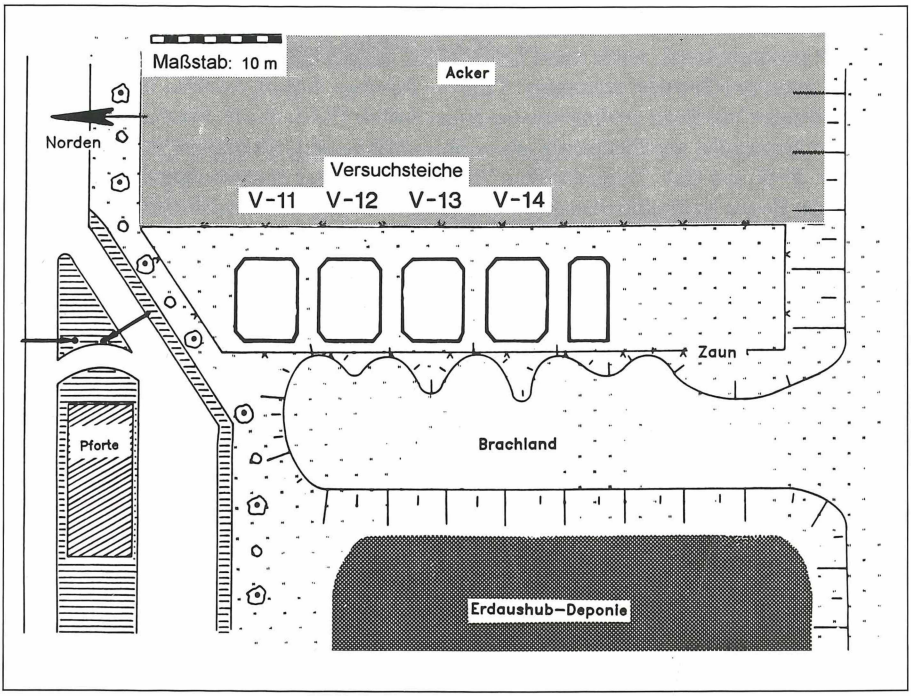

Abb. 3: Lage und Größe der künstlichen Versuchsteiche; **V-11** bis **V-14**: Pegelstand 120 cm; Wasserfläche 48 m², Volumen 20.000 l

Site and dimensions of the artifical experimental ponds; **V-11** to **V-14**: water level 120 cm; surface of water 48 m², volume 20.000 l

2.2 Versuchstiere

Die Versuche wurden ausschließlich mit den Larven der Erdkröte (*Bufo bufo*) mit ihren vielfältigen Schutzmechanismen (Schreck- und Bitterstoffe, sowie Schwarmbildung) und denen des Grasfrosches (*Rana temporaria*) durchgeführt, von denen keine derartigen Schutzmechanismen bekannt sind. Beide Arten sind typische Frühlaicher (BLAB 1986), von denen Laich und frühe Larvenstadien leicht in größeren Mengen zu finden waren, so daß realistische Versuchsbedingungen geschaffen werden konnten. Da die Larven in der näheren Umgebung entnommen wurden, konnte eine genetische Verfremdung autochtoner Vorkommen im Versuchsgebiet klein gehalten werden. Die Laichplatzansprüche beider Arten entsprachen den Verhältnissen in den Versuchsteichen.

Für den Fischbesatz wurden, entsprechend der Lage der Versuchsteiche V-1 bis V-4 im Mittelgebirge, zunächst Regenbogenforellensetzlinge *Oncorhynchus mykiss* (früher *Salmo gairdneri*, cf. KÖHLER 1989) gewählt (Tab. 1 und 2). Die weiteren Versuche (V-11 bis V-14) wurden mit handelsüblichen Fischarten durchgeführt, deren Habitatansprüche den Gegebenheiten in den Versuchsteichen (Universitätsgelände) entsprachen. Im Rahmen dieser Untersuchungen war es nicht möglich den Einfluß jeder Fischart für sich auf die Überlebenschancen der Amphibien-

larven zu untersuchen. Um die unterschiedlichen Nahrungsansprüche von Raub- und Friedfischen zu berücksichtigen, wurde jeweils ein Teich ausschließlich mit Friedfischen, mit Friedfischen und einem geringen Anteil, sowie einem hohen Anteil an Raubfischen besetzt. An Friedfischen wurden Karausche (*Carassius carassius*), Karpfen (*Cyprinus carpio*), Rotfeder (*Leuciscus leuciscus*), Rotauge (*Scardinius erythrophthalmus*) und Schleie (*Tinca tinca*), sowie an Raubfischen Aal (*Anguilla anguilla*) und Flußbarsch (*Perca fluviatilis*) gewählt. Es erfolgte zunächst nur ein Besatz mit Setzlingen (Tab. 3), im nächsten Versuchsjahr wurden ausgewachsene Fische eingesetzt und der Besatz an Friedfischen durch Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) und Silberkarpfen (*Hypophthalmichtys molitrix*) erweitert (Tab. 4).

Um den Einfluß unterschiedlicher Profilgestaltung auf die Überlebensrate der Amphibienlarven zu ermitteln, wurden die vier Versuchsteiche V-11 bis V-14 umgestaltet (vgl. Abb. 6). Für den Fischbesatz wurden (sub)adulte Karpfen, (*Cyprinus carpio*) gewählt.

Ein Teich ohne Fischbesatz diente in den drei Jahren als Kontrolle. Bei allen Versuchsansätzen wurde die Anzahl der jeweils noch verbliebenen Larven durch eine Fang-/Wiederfangmethode (BAILEY 1952, WELCH 1960) kontinuierlich ermittelt. In diesem Zusammenhang wurde auch jeweils das Entwicklungsstadium der Amphibienlarven nach GOSNER (1960) bestimmt. Die detaillierten Ergebnisse dazu wurden an anderer Stelle veröffentlicht (BREUER & VIERTEL 1990), bzw. sind in Vorbereitung.

3. Ergebnisse

3.1 Überleben von *Bufo bufo*-Larven (1982) und *Rana temporaria*-Larven (1983) unter dem Einfluß von juvenilen *Oncorhynchus mykiss*

Unter dem Einfluß von *Oncorhynchus mykiss* ist im ersten Jahr (1982) bei *Bufo bufo*-Larven mit einer Ausnahme (V-2: 9,1 %) lediglich eine leicht verringerte Überlebensrate (V-1: 1,1 % und V-3: 4,2 %) gegenüber der Kontrolle (V-4: 7,2 %) zu verzeichnen (Tab. 1). Eine Abhängigkeit von der Ausgangsabundanz besteht allem Anschein nach nicht (Abb.4).

Die Überlebensraten bei den *Rana temporaria*-Larven (1983) unterscheiden sich wesentlich von denen der Erdkrötenlarven. Lediglich im Kontrollversuch (V-4) überleben 1,8 % der ursprünglich 5000 eingesetzten Larven bis zum Abschluß der Metamorphose (Tab. 2). Unter dem Einfluß von *Oncorhynchus mykiss* (V-1, V-2 und V-3) überleben keine Tiere bis zum Abschluß der Metamorphose (Abb. 4).

3.2 Überleben von *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven unter dem Einfluß von juvenilen Fried- und Raubfischen (1987)

Unter dem Einfluß unterschiedlichen Fischbesatzes mit Setzlingen (1987) ist bei *Bufo bufo*-Larven gegenüber der Kontrolle keine wesentlich verringerte Überlebensrate zu beobachten (Abb. 5). Einer Überlebensrate von 20,6 % in der Kontrolle (V-12) steht eine Überlebensrate von 19,2 % bei mäßigem Raubfischbesatz (V-14) und von 23,1 % bei starkem Raubfischbesatz (V-13) gegenüber. Unter dem Einfluß von ausschließlich Friedfischen (V-11) ist die Überlebensrate mit 53,6 % sogar doppelt so hoch wie in der Kontrolle (Tab. 3).

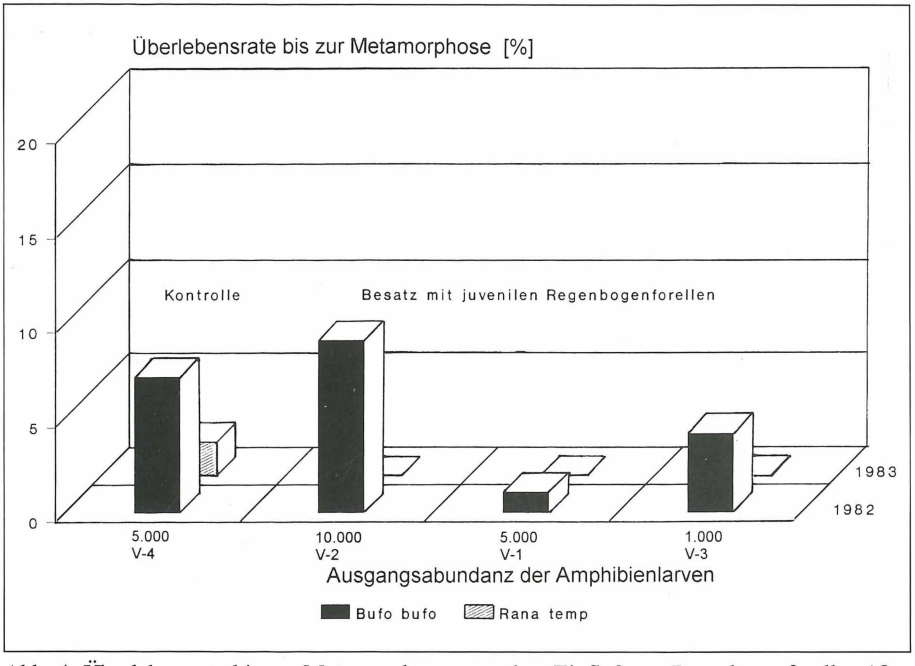

Abb. 4: Überlebensrate bis zur Metamorphose unter dem Einfluß von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*)

Survival rates up to metamorphosis influenced by rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*)

Tab. 1: Besatzdichten der Versuchsteiche mit Amphibienlarven und mit juvenilen Regenbogenforellen, *Oncorhynchus mykiss* (17,8 g / 13,5 cm; durchschnittliches Lebendgewicht / durchschnittliche Gesamtlänge) und Überlebensrate der Amphibienlarven bis zur Metamorphose; [n] = Anzahl der Individuen, ST = Entwicklungsstadium der Larven (GOSNER 1960)

[1]) Versuch wegen Wassermangel abgebrochen

Rates of stocking in the experimental ponds with amphibia-larvae and juvenile rainbow-trouts, *Oncorhynchus mykiss* (17,8 g / 13,5 cm; average weight / average total length, evaluated at the beginning of experiments) and suvival rates of amphibia till metamorphosis; [n] = Number of individuals, ST = Stage of larvae (GOSNER 1960)

[1]) Lack of water stopped the experiment

Gew. Nr.	Datum (1982)	*Bufo bufo* Larven [n]	ST	*Rana temp.* Larven [n]	ST	*O. mykiss* [n]	Datum (1982)	*Bufo bufo* [%]	ST	*Rana temp.* [%]	ST
V-1	22. 05.	5000	23	—	—	10	22. 06.	1,1	30[1])	—	—
V-2	21. 05.	10000	23	—	—	10	20. 07.	9,1	46	—	—
V-3	19. 05.	1000	23	—	—	10	15. 06.	4,2	29[1])	—	—
V-4	21. 05.	6000	25	—	—	—	10. 07.	7,2	46	—	—

Tab. 2: Besatzdichten der Versuchsteiche mit Amphibienlarven und mit juvenilen Regenbogenforellen, *Oncorhynchos mykiss* (18,1 g / 13,5 cm; durchschnittliches Lebendgewicht / durchschnittliche Gesamtlänge) und Überlebensrate der Amphibienlarven bis zur Metamorphose; [n] = Anzahl der Individuen, ST = Entwicklungsstadium der Larven (GOSNER 1960)

Rates of stocking in the experimental ponds with amphibia-larvae and juvenile rainbow-trouts *Oncorhynchus mykiss* (18,1 g / 13,5 cm; average weigth / average total length, evaluated at the beginning of experiments) and survival rates of amphibia till metamorphosis; [n] = Number of individuals, ST = Stage of larvae (GOSNER 1960)

Gew. Nr.	Datum (1982)	*Bufo bufo* Larven [n]	ST	*Rana temp.* Larven [n]	ST	*O. mykiss* [n]	Datum (1982)	*Bufo bufo* [%]	ST	*Rana temp.* [%]	ST
V-1	04. 05.	—	—	5000	26	10		—	—	0	46
V-2	04. 05.	—	—	10000	27	10		—	—	0	46
V-3	05. 05.	—	—	1000	27	10		—	—	0	46
V-4	05. 05.	—	—	5000	27	—	02. 08.	—	—	1,8	46

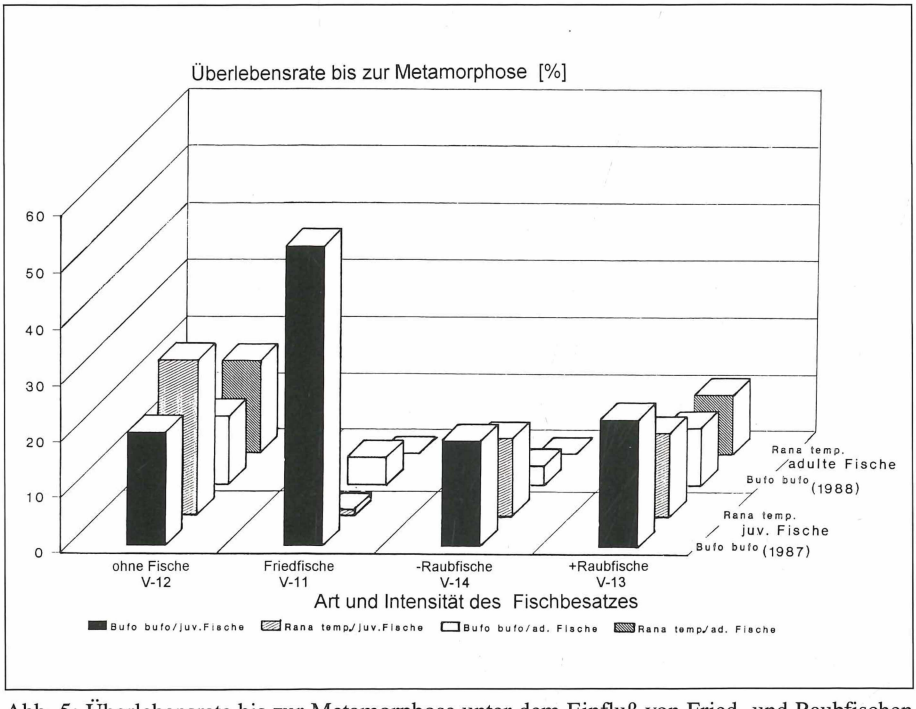

Abb. 5: Überlebensrate bis zur Metamorphose unter dem Einfluß von Fried- und Raubfischen

Survival rates up to metamorphosis influenced by omnivorous and carnivouros fishes

Tab. 3: Besatzdichten der Versuchsteiche mit Amphibienlarven und mit juvenilen Fischen (durchschnittliches Lebendgewicht/durchschnittliche Gesamtlänge); omnivore Friedfische *Cyprinus carpio* (15,2 g/7,4 cm), *Carassius carassius* (12,5 g/7,1 cm), *Scardinius erythrophthalamus* (40,2 g/13,3 cm), Tinca tinca (7,4 g/6,8 cm) und *Leuciscus leuciscus* 8,4 g/7,0 cm), sowie carnivoren Raubfischen: *Anguilla anguilla* (1,1 g/10,5 cm) und *Perca fluviatilis* (41,6 g/12,9 cm) und Überlebensrate der Amphibienlarven bis zur Metamorphose; [n] = Anzahl der Individuen, ST = Entwicklungsstadien der Amphibienlarven (GOSNER 1960)

Rates of stocking in the experimental ponds with amphibia-larvae and with juvenile fishes (average weigth/average total length); omnivorous fishes: *Cyprinus carpio* (15,2 g/7,4 cm), *Carassius carassius* (12,5 g/7,1 cm), *Sardinius erythrophthalamus* (40,2 g/13,3 cm), *Tinca tinca* (7,4 g/6,8 cm) and *Leucisius leucisius* (8,4 g/7,0 cm), and carnivorous fish: *Anguilla anguilla* (1,1 g/10,5 cm) and *Perca fluviatilis* (41,6 g/12,9 cm) and survival rates of amphibia till metamorphosis; [n] = Number of individuals, ST = Stage of amphibia-larvae (GOSNER 1960)

Gew. Nr.	Datum Datum	*Bufo bufo* Larven [n]	ST	*Rana temp.* Larven [n]	ST	omniv. Fische [n]	carniv. Fische [n]	Datum (1987)	*Bufo bufo* [%]	ST	*Rana temp.* [%]	ST
V-11	12. 05.	5000	28	5000	26	11	—	12. 06.			1,1	46
								16. 06.	53,6	46		
V-12	12. 05.	5000	28	5000	26	—	—	10. 06.			27,9	46
								13. 06.	20,6	46		
V-13	13. 05.	5000	28	5000	26	6	7	07. 06.			15,2	46
								19. 06.	23,1	46		
V-14	13. 05.	5000	28	5000	26	8	4	10. 06.			14,1	46
								19. 06.	19,2	46		

Im Gegensatz dazu ist bei gleichzeitig untersuchten *Rana temporaria*-Larven die Überlebensrate in Teichen mit Fischbesatz deutlich verringert. Sie beträgt in dem Kontrollversuch (V-12) immerhin 27,9 %, bei mäßigem Raubfischbesatz 14,1 % (V-14) und bei starkem Raubfischbesatz 15,2 % (V-13). Die geringste Überlebensrate wurde mit 1,1 % in V-11 mit ausschließlich Friedfischbesatz ermittelt (Tab. 3).

Im Vergleich zu den jeweiligen *Bufo bufo*-Überlebensraten sind die *Rana temporaria*-Überlebensraten mit Ausnahme des Kontrollversuchs deutlich niedriger (Abb. 5).

3.3 Überleben von *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven unter dem Einfluß von (sub)adulten Fried- und Raubfischen (1988)

Unter dem Einfluß unterschiedlichen Fischbesatzes mit (sub)adulten Fischen (1988) ist bei den *Bufo bufo*-Larven gegenüber der Kontrolle die Überlebensrate leicht verringert. Einer Überlebensrate von 12,3 % in der Kontrolle (V-12) steht eine Überlebensrate von 10,3 % bei ausschließlichem Friedfischbesatz (V-13), sowie von nur 4,9 % bei geringem Raubfischbesatz (V-11) und 3,6 % bei starkem Raubfischbesatz (V-14) gegenüber (Tab. 4).

Tab. 4: Besatzdichten der Versuchsteiche mit Amphibienlarven und mit adulten Fischen (durchschnittliches Lebendgewicht/durchschnittliche Gesamtlänge); omnivore Friedfische: *Cyprinus carpio* (329,9 g/21,9 cm), *Carassius carassius* (203 g/16 cm), *Scardinius erythrophthalmus* (132,5 g/18,8 cm), *Tinca tinca* (73,3 g/15,0 cm), *Ctenopharyngodon idella* (153,3 g/17,7 cm) und *Hypophthalmichtys molitrix* (143,3 g/19,3 cm) sowie carnivoren Raubfischen: *Anguilla anguilla* (38,3 g/49,3 cm) und *Perca fluviatilis* (138,8 g/20,4 cm) und Überlebensrate der Amphibien bis zur Metamorphose; [n] = Anzahl der Individuen, ST = Entwicklungsstadium der Larven (GOSNER 1960)

Rates of stocking in the experimental ponds with amphibia-larvae and with adult fishes (average weight/average total length); omnivorous fish: *Cyprinus carpio* (329,9 g/21,9 cm), *Carassius carassius* (203 g/16 cm), *Scardinius erythroph thalmus* (132,5 g/18,8 cm), *Tinca tinca* (73,3 g/15,0 cm), *Ctenopharyngodon idella* (153,3 g/17,7 cm) and *Hypophthalmichtys molitrix* (143,3 g/19,3 cm) and carnivorous fish: *Anguilla anguilla* (38,3 g/49,3 cm) and *Perca fluviatilis* (138,8 g/20,4 cm) and survival rates of amphibia till metamorphosis; [n] = Number of individuals; ST = Stage of larvae (GOSNER 1960)

Gew. Nr.	Datum (1988)	*Bufo bufo* Larven [n]	ST	*Rana temp.* Larven [n]	ST	omniv. Fische [n]	carniv. Fische [n]	Datum (1988)	*Bufo bufo* [%]	ST	*Rana temp.* [%)	ST
V-11	12. 05.	5000	28	5000	26	7	2				0	46
								28. 06.	4,9	46		
V-12	12. 05.	5000	28	5000	26	—	—	03. 06.			16,5	46
								26. 06.	12,3	46		
V-13	13. 05.	5000	28	5000	26	8	—	04. 06.			10,7	46
								28. 06.	10,3	46		
V-14	13. 05.	5000	28	5000	26	5	4				0	46
								30. 06.	19,2	46		

Die Auswirkung des Raubfischbesatzes wird noch deutlicher bei den Überlebensraten der gleichzeitig untersuchten *Rana temporaria*-Larven. Sie beträgt in der Kontrolle 16,5 % (V-12). Im Versuchsteich mit ausschließlichem Friedfischbesatz (V-13) ist sie etwa um die Hälfte geringer. In den beiden Versuchsteichen mit zusätzlichem Raubfischbesatz überlebten dagegen keine Larven bis zum Abschluß der Metamorphose (Abb. 5).

Im Vergleich zu den jeweiligen *Bufo bufo*-Überlebensraten sind hier, ähnlich wie im Vorjahr, die *Rana temporaria*-Überlebensraten bei Raubfischbesatz niedriger. Im Teich mit ausschließlichem Friedfischbesatz (V-13) sind sie für beide Amphibienarten weitgehend gleich; im Teich ohne Fischbesatz (V-12) sind die Überlebensraten für *Rana temporaria* höher als für *Bufo bufo* (Abb. 5).

3.4 Überleben von *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven unter dem Einfluß von (sub)adulten *Cyprinus carpio* in Versuchsteichen mit unterschiedlich großen Flachwasserzonen (1989)

Bei unterschiedlichem Teichprofil (1989) ist unter dem Einfluß von *Cyprinus carpio* die Überlebensrate der *Bufo bufo*-Larven gegenüber der Kontrolle ebenfalls verringert. Einer Überle-

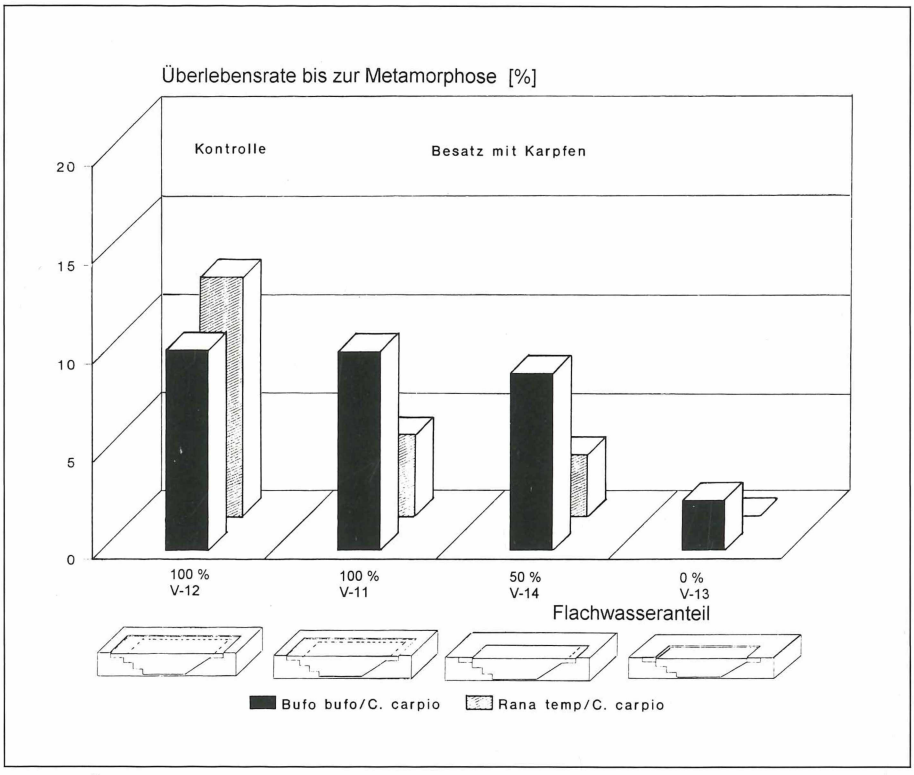

Abb. 6: Überlebensrate bis zur Metamorphose unter dem Einfluß von Karpfen (*Cyprinus carpio*), bei verschieden großen Flachwasserzonen

Survival rates up to metamorphosis influenced by carps, (*Cyprinus carpio*) and different size of shallow areas

bensrate von 10,3 % in V-12 steht bei gleichem Flachwasseranteil (V-14), aber Karpfenbesatz ein Wert von 10,2 % gegenüber (Tab. 5). Wird der Flachwasseranteil um die Hälfte reduziert (V-13), beträgt die Überlebensrate noch 9,1 %, fehlt eine Flachwasserzone völlig (V-11), so geht die Überlebensrate auf 2,6 % zurück (Abb. 6).

Bei *Rana temporaria* stehen einer Überlebensrate von 12,2 % im Kontrollversuch (V-12) deutlich niedrigere Werte in den Teichen mit Fischbesatz gegenüber (Tab. 5): Bei gleichem Flachwasseranteil (V-14) überleben nur noch 4,2 % und bei halbiertem Flachwasseranteil (V-13) 3,2 % der Grasfroschlarven. Bei fehlender Flachwasserzone (V-11) überleben keine Grasfroschlarven bis zur Metamorphose (Abb. 6).

Wie bei den vorhergegangenen Untersuchungen sind unter dem Einfluß von Fischbesatz (*Cyprinus carpio*) die Überlebensraten der *Rana temporaria*-Larven gegenüber denen der *Bufo bufo*-Larven deutlich verringert.

Tab. 5: Besatzdichten der Versuchsteiche mit Amphibienlarven und mit adulten Karpfen, *Cyprinus carpio* (609,8 g/26,2 cm; durchschnittliches Lebendgewicht/durchschnittliche Gesamtlänge) und die Überlebensrate bis zur Metamorphose bei unterschiedlich großen Flachwasserzonen; [n] = Anzahl der Individuen, ST = Entwicklungsstadium der Larven (GOSNER 1960)

Rates of stocking in the experimental ponds with amphibia-larvae and with adult carps, *Cyprinus carpio* (609,8 g/26,2 cm; average weight/average total length) and suvival rates of amphibia till metamorphosis influenced by different size of shallow area; [n] = Number of individuals, ST = Stage of larvae (GOSNER 1960)

Gew. Nr.	Datum (1989)	*Bufo bufo*-Larven		*Rana temp.* Larven		*C. carpio*	Flachwasserzone	Datum	*Bufo bufo*		*Rana temp.*	
		[n]	ST	[n]	ST	[n]	[%]	(1989)	[%]	ST	[%]	ST
V-11	18. 04.	5000	28	1300	30	4	0				0	46
								28. 06.	2,6	46		
V-12	18. 04.	5000	28	1300	30	—	100	03. 06.			12,2	46
								26. 06.	10,3	46		
V-13	19. 04.	5000	28	1300	30	4	50	04. 06.			3,2	46
								30. 06.	9,1	46		
V-14	19. 04.	5000	28	1300	30	4	100	06. 06.			4,2	46
								02. 07.	10,2	46		

4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse und die Versuchsanordnung lassen den Schluß zu, daß der Fischbesatz in den Versuchsteichen die gegenüber den Kontrollversuchen erhöhte Mortalität verursacht hat, also prädationsbedingt ist. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist das gleichzeitige Vorkommen von *Notonecta* sp. und *Dytiscus* sp. im Versuchsteich V-2 zu beachten (BREUER & VIERTEL 1990). Da diese Arten als Prädatoren von Amphibienlarven bekannt sind (VIERTEL 1978, 1980), liegt der Schluß nahe, daß diese Arten die Abundanzrückgänge verursacht haben.

Außerdem ist zu berücksichtigen, daß der Versuchsteich V-11 im Jahr 1987, im Vergleich zu den anderen drei Teichen, erst kurz vor Versuchsbeginn bespannt werden konnte, da die Teichfolie repariert wurde. Das Fehlen zusätzlicher Prädatoren könnte die, gegenüber der Kontrolle, erhöhte Überlebensrate der *Bufo bufo*-Larven, das Fehlen von Alternativbeutetieren die, gegenüber allen anderen Versuchsteichen, stark reduzierte Überlebensrate der *Rana temporaria*-Larven bewirkt haben. Genauere Aussagen dazu lassen sich aber erst anhand der Daten zur Begleitfauna treffen (BREUER in Vorb.).

Generell ist die Überlebensrate der *Rana temporaria*-Larven geringer als die der *Bufo bufo*-Larven, was in einigen Fällen zum totalen Auslöschen der Grasfroschlarven führt. Dies stimmt mit den Untersuchungsergebnissen aus Aquarienversuchen anderer Autoren überein. GLANDT (1983, 1984) zeigte, daß Stichlinge (*Gasterosteus aculeatus*) Larven von *Rana temporaria* fressen, *Bufo bufo*-Larven aber, auch nach längerem Hungern, meiden. Ebenso verweigerten Elritze (*Phoxinus phoxinus*) und Bergmolch (*Triturus alpestris*) Erdkrötenlarven und akzeptierten

Grasfroschlarven im Aquarium und im Freiland als Beutetiere (HEUSSER & SCHLUMPF 1971). Auch von den meisten, wirtschaftlich bedeutenden Fischarten wurden in Aquarienversuchen (BAUER 1983 und GEBHARDT 1985) und Limnocoralls (JAKOBUS 1986) *Rana temporaria*-Larven im Gegensatz zu *Bufo bufo*-Larven als Beutetiere akzeptiert (vgl. Abb. 1).

Die Fähigkeit der Fische beim Beuteerwerb zwischen den Larven der beiden Amphibienarten zu selektieren, wird zudem durch die Untersuchungen von JAKOBUS (1986) und denen von HEUSSER & SCHLUMPF (1971) bestätigt. Einen Hinweis auf die hohe Nahrungsselektivität geben ferner Nahrungsuntersuchungen an Cyprinidae (BOHL 1982) und an Salmonidae (BRYAN & LARKIN 1972).

Die bei Fischbesatz im Verhältnis zu den *Bufo bufo*-Larven mehr oder weniger stark eingeschränkte Überlebenschance der *Rana temporaria*-Larven ist auf die Schutzmechanismen bei *Bufo bufo* zurückzuführen. Dadurch sind diese Larven in der Lage einem vermehrten und verstärkten Feinddruck standzuhalten. Das Schwarmverhalten täuscht dem Räuber möglicherweise ein großes Tier vor, aus dem Gewebe verletzter Larven diffundieren Schreckstoffe, worauf die Artgenossen sich bewegungslos zu Boden sinken lassen und Bitterstoffe machen sie für viele Räuber ungenießbar. Da den Larven der anderen Amphibienarten derart ausgeprägte Schutzmechanismen fehlen, sind sie gegenüber Fischbesatz auch konkurrenzschwächer, wie auch die hohe Mortalität der *Rana temporaria*-Larven zeigt. Dies stimmt mit den Beobachtungen anderer Autoren zum Vorkommen von Amphibien an fischereilich genutzten Teichen überein. FELDMANN (1981) und SCHLÜPMANN (1982) berichten, daß *Bufo bufo* häufig als einzige Amphibienart an Forellenteichen anzutreffen ist. HEHMANN & ZUCCHI (1985) beobachteten als Folge des Besatzes mit *Oncorhynchus mykiss* einen starken Rückgang der *Rana temporaria*-Population, sowie von *Triturus helveticus* und *Triturus vulgaris* an diesem Gewässer. Stattdessen entwickelte sich die *Bufo bufo*-Population an diesem Gewässer sehr stark. Ähnlich wirkten sich nach CLAUSNITZER (1983a) die unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen an einem Teich vor allem auf die Überlebensraten von *Rana temporaria* und *Triturus* spec. aus, während die Überlebensrate von *Bufo bufo* auch bei intensivem Fischbesatz gleich hoch blieb. Auch FILODA (1981) fand an Teichen, die u. a. mit Hecht (*Esox lucius*) und Aal (*Anguilla anguilla*) besetzt waren, nur noch *Bufo bufo* als einzige dort laichende Amphibienart.

Die negativen Auswirkungen des Besatzes mit adulten oder subadulten Fischen (Versuche 1988) auf die Überlebensraten der Larven beider Amphibienarten werden besonders bei *Rana temporaria* deutlich. Hier ist, ähnlich wie bei Besatz mit juvenilen *Oncorhynchus mykiss* (1983) und adulten *Cyprinus carpio* (1989), eine Überlebensrate von Null zu beobachten. Dies deckt sich mit den Freilandbeobachtungen anderer Autoren. CLAUSNITZER (1983 a, b) fand hohe Überlebensraten verschiedener Amphibienarten in einem mit Jungfischen besetzten Teich und beobachtete in einem Teich mit ausgewachsenen Karpfen keine Amphibienlarven. Ebenso erfaßten RAHMANN et al. (1988) vor allem an Teichen mit Jungfischen arten- und individuenreiche Amphibienvorkommen. Dies wird bestätigt durch die bereits oben genannte Untersuchung von FILODA (1981).

Die Auswirkungen des unterschiedlichen Fischbesatzes, ohne Raubfische, mit wenigen beziehungsweise mit vielen Raubfischen auf die Überlebensrate der Larven beider untersuchter Amphibienarten ergeben kein eindeutiges Bild. Anscheinend ist die Mortalität bei starkem Raubfischbesatz (V-14) geringer als bei mäßigem Raubfischbesatz (V-13). Ursachen hierfür sind in zusätzlich auftretenden Prädatoren (vgl. Versuche 1982/83) wie Rückenschwimmern (*Notonecta* spec.) und Gelbrandkäferlarven (*Dytiscus* spec.) zu suchen. Eine endgültige Klärung kann erst die Auswertung der Daten zur Begleitfauna bringen (BREUER in Vorb.). Eine zusätzliche negative Beeinträchtigung durch Raubfische ist aber zu erwarten. Nach MÜLLER (1968) ist die

Häufigkeit der *Triturus*-Arten korreliert mit Quantität und Qualität des Fischbesatzes; insbesondere Salmonidae, Esocidae und Percidae wirken sich besonders negativ aus. Auch andere Untersuchungen (BREUER & VIERTEL 1990; BROGGI 1975; FILODA 1981; MACAN 1977; RAHMANN et al. 1988; VOGT 1981) belegen dieses.

Der negative Einfluß fehlender Flachwasserzonen (Versuche 1989) wird durch die Überlebensrate der *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven deutlich.

Ausreichende Flachwasserzonen und verkrautete Bereiche sind nach den Beobachtungen anderer Autoren für den Fortbestand der Amphibienvorkommen notwendig. So schließen sich nach BAUSER et al. (1987) fischereiliche Nutzung und arten- und individuenreiche Amphibienvorkommen (Laubfrosch, *Hyla arborea* und Kammolch, *Triturus cristatus*) nicht aus, wenn die Gewässer eine Struktur- und Vegetationsvielfalt aufweisen. Auch CLAUSNITZER (1983 b) fand in Gewässern mit natürlichem Fischbesatz bei dichter Vegetation und ausreichenden Flachwasserzonen konkurrenzschwache Arten wie *Rana temporaria* und *Triturus vulgaris*.

Diese Forderungen sind nur an extensiv fischereilich genutzten Teichen und Weihern möglich.

Demnach schließen sich eine intensive fischereiliche Nutzung und Amphibienschutz an einem Gewässer aus (FELDMANN 1981, STÖCKLEIN 1981).

5. Schlußfolgerungen

Um den Fortbestand der bedrohten Amphibienarten an ihren Laichplätzen zu sichern, sind die folgenden Anforderungen an fischereilich genutzte Gewässer (Teiche und Weiher) zu stellen:

1. Strukturvielfalt im Gewässer durch submerse Vegetation, naturnahe Ufergestaltung und ausreichende Flachwasserzonen
2. Extensive Teichwirtschaft mit naturnahem (angemessenem) und kontrolliertem Fischbesatz, bei konstanter Wasserführung und ohne Kalkung
3. Schaffung fischfreier Amphibiengewässer im Bereich fischereilich intensiv genutzter Gewässer.

So können auch fischereilich genutzte Gewässer den Anforderungen der verschiedenen Amphibienarten an ihren Laichplatz gerecht werden. Nur durch eine extensive Teichwirtschaft und Strukturvielfalt im Gewässer kann der Fraßdruck auf die Larven gemindert werden.

Daneben bedarf es aber weiterer Aufklärungsarbeit über die wichtige Funktion unserer Kleingewässer für viele bedrohte Tierarten (nicht nur Amphibien).

6. Danksagungen

Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. HEMMER, Herrn Prof. Dr. A. SEITZ und Herrn Dr. B. VIERTEL für Diskussion, Anregungen und Unterstützung. Das Rheinland-Pfälzische Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, sowie das Hessische Ministerium für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten finanzierten die Untersuchungen.

7. Zusammenfassung

In vier Versuchsteichen wurde die Einwirkung von Regenbogenforellen auf die Überlebensrate von *Bufo bufo*-Larven einerseits und auf die Überlebensrate von *Rana temporaria*-Larven andererseits untersucht. Mit einer geringfügigen Ausnahme sind diese bei den Erdkrötenlarven höher als bei den Grasfroschlarven.

In weiteren vier Versuchsteichen wurde die Auswirkung von unterschiedlichem Fischbesatz (omnivore und carnivore Arten in zwei Altersstufen) auf gemeinsam vorkommende *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven ermittelt. Abschließend wurde der Einfluß unterschiedlich großer Flachwasserzonen in den Versuchsteichen auf die Überlebensrate derselben Arten bei Besatz mit (sub)adulten Karpfen, *Cyprinus carpio*, getestet.

Die Überlebensraten der *Bufo bufo*-Larven sind generell höher als die der *Rana temporaria*-Larven. Bei Besatz mit (sub)adulten Fischen ist die Überlebensrate der Amphibienlarven reduziert. Besonders negativ wirkt sich der zusätzliche Besatz mit Raubfischen aus. Im Gegensatz zu den Grasfroschlarven erreichen die Erdkrötenlarven in jedem Fall die Metamorphose.

Flachwasserbereiche haben einen positiven Einfluß auf die Überlebensrate von *Bufo bufo*- und *Rana temporaria*-Larven.

Die Überlebensfähigkeit der Erdkrötenlarven wird mit ihren artspezifischen Schutzmechanismen erklärt. Diese ermöglichen das Überleben der Art auch in intensiv genutzten Fischgewässern, was auch andere Autoren bestätigen. Hingegen fehlen Grasfroschlarven Strategien gegen Prädatoren. Dies äußert sich in der hohen Mortalität.

8. Literatur

BAILEY, N. T. C. (1952): Improvements in the interpretation of recapture data. — J. An. Ecol. **21**: 120-127.

BAUSER, A., WAIBEL, A., HOLLNAICHER, M. & H. RAHMANN (1987): Populationsdynamische Untersuchungen der Amphibienfauna stehender Gewässer mit unterschiedlicher fischereilicher Nutzung in Oberschwaben. — In: WEISER, H. & A. KOHLER (Hrsg.): Feuchtgebiete — Ökologie, Gefährdung, Schutz. — Verlag Josef Margraf, S. 95-116.

BAUER, M. (1983): Amphibien und die Bewirtschaftung ihrer Laichgewässer. — unveröff. Diplomarbeit, Nürtingen.

BLAB, J. (1976): Amphibien und Reptilien — gefährdete Bewohner der Feuchtgebiete. — Natur und Landschaft **51**: 219-221.

BLAB, J. (1986): Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien. — Greven (Kilda Verlag).

BOHL, E. (1982): Food supply and prey selection in planktovorous Cyprinidae. — Oecologia **53**: 134-138.

BREUER, P. & B. VIERTEL (1990) Zur Ökologie von Erdkrötenlarven (*Bufo bufo*) und Grasfroschlarven (*Rana temporaria*) I. Die Überlebensrate unter dem Einfluß von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*). — Acta Biologica Benrodis **2**: 225-244.

BROGGI, M. (1975): Amphibien und Fischbesatz in Kleingewässern. — Bot. Zool. Ges. Liechtenstein, Sargans, Werdenberg **75**: 53-57.

BRYAN, J. E. & P. A. LARKIN (1972): Food spezialisation by individual Trout. — J. Fish. Res. Bd. Canada **29**: 1615-1624.

CLAUSNITZER, H. J. (1983a): Der Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Artenbestand eines Teiches. — Natur und Landschaft **58** (4): 129-133.

CLAUSNITZER, H. J. (1983b): Zum gemeinsamen Vorkommen von Amphibien und Fischen. — Salamandra **19** (3): 158-162.

EIBL-EIBESFELDT, I. (1949): Über das Vorkommen von Schreckstoffen bei Erdkrötenkaulquappen. — Experientia **5**: 236.

EIBL-EIBESFELDT, I. (1962): Grundriss der vergleichenden Verhaltensforschung. — München (Piper Verlag).

FELDMANN, R. (1962): Das Projekt Amphibienlaichplätze in Südwestfalen. — Natur und Landschaft **47**: 53-56.

FELDMANN, R. (1981): Die Amphibien und Reptilien Westfalens. — Abh. Landesmus. Naturk. Münster 43.

FILODA, H. (1981): Das Vorkommen von Amphibien in Fischgewässern des östlichen Teils Lüchow-Dannenbergs. — Beitr. Naturk. Nieders. **34**: 185-189.

FLINDT, R. & H. HEMMER (1969): Gefahr für Froschlurche durch ausgesetzte Sonnenbarsche. — DATZ **22**: 24-25.

FRISCH, K. v. (1941): Über einen Schreckstoff der Fischhaut und seine biologische Bedeutung. — Z. vergl. Physiol. **29**: 46-145.

GEBHARDT, H. (1985): Fische und Amphibien. — Tag.-Ber. Naturschutz Baden-Württemberg **7**: 34-40.

GLANDT, D. (1983): Experimentelle Untersuchungen zum Räuber-Beute-Verhältnis zwischen Stichlingen, *Gasterosteus aculeatus* und *Pungitius pungitius* (L.) (Teleostei), und Grasfroschlarven, *Rana temporaria* L. (Amphibia). — Zool. Anz. **5/6**: 277-284.

GLANDT, D. (1984): Laborexperiment zum Räuber-Beute-Verhältnis zwischen Dreistacheligen Stichlingen, *Gasterosteus aculeatus* L. (Teleostei) und Erdkrötenlarven (*Bufo bufo* (L.) (Amphibia). — Zool. Anz. **1/2**: 12-16.

GLANDT, D. (1985): Kaulquappenfressen durch Goldfische *Carassius auratus* und Rotfedern *Scardinius erythrophthalmus*. — Salamandra **21** (2/3): 80-185.

GOSSNER, K. L. (1960): A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. — Herpetologica **16**: 160-183.

HEHMANN, F. & H. ZUCCHI (1985): Fischteiche und Amphibien — eine Feldstudie. — Natur und Landschaft **60**: 402-408.

HEUSSER, H. (1960): Über die Beziehung der Erdkröte (*Bufo bufo*) zu ihrem Laichplatz II. — Behaviour **16**: 93-109.

HEUSSER, H. (1971): Differenzierendes Kaulquappenfressen durch Molche. — Experientia **27**: 475.

HEUSSER, H. (1980): Höhere Froschlurche. — In: GRZIMEK, B. (Hrsg.): Grzimeks Tierleben Band V. — München (dtv).

HEUSSER, H. & H. U. SCHLUMPF (1971): Elritzen fressen gezielt Kaulquappen. — DATZ **24** (1): 29-31.

HONEGGER, R. E. (1981): Threatened amphibians and reptiles in Europe. — Wiesbaden (Akademische Verlagsgesellschaft).

JAKOBUS, M. (1987): Experimentelle Untersuchungen zur Amphibienmortalität durch Fischfraß. — unveröff. Diplomarbeit, Ulm, 65 S.

KAUFMANN, R. (1976): Intensivteichwirtschaft und Amphibienvorkommen am Beispiel des Aischgrundes. — unveröff. Staatsexamensarbeit, Erlangen-Nürnberg.

KÖHLER, C. (1989): *Salmo gairdneri* 1836 = *Oncorhynchus mykiss* 1792. — Fischökologie Aktuell **1**: 15.

LADIGES, W. & D. VOGT (1979): Die Süßwasserfische Europas. — Hamburg-Berlin (Parey).

MACAN, T. T. (1977): A twenty-year study of the fauna in the vegetation of a moorland fishpond. — Arch. Hydrobiol. **81** (1): 1-24.

MEISTERHANS, K. & H. HEUSSER (1970): Amphibien und ihre Lebensräume. Gefährdung — Forschung — Schutz. — Natur und Mensch **12** (4): 162-169.

MÜLLER, P. (1968): Amphibien und Fischbesatz. — In: HEUSSER, H. (Hrsg.): Wie Amphibien schützen? — Naturf. Ges. Schaffhausen., Flugblatt Serie **III** (3): 12-13.

RAHMANN, H., ZINTZ, K. & M. HOLLNAICHER (1988): Oberschwäbische Kleingewässer — Limnologisch-faunistische Aspekte zur ökologischen Beurteilung. — Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Baden-Württemberg **56**: 1-212.

SCHLÜPMANN, M. (1982): Bestand, Lebensraum und Lebensweise der Erdkröte (*Bufo bufo*) im Hohenlimburger Raum (MTB: 4611). Beobachtungen bis 1980. — Natur und Heimat **42**: 65-81.

SCHMIDTLER, J. (1982): Einflüsse der Kulturlandschaft auf die Amphibienvorkommen im Raum München. — Mitt. Landesverb. Amph. Rept. Schutz **2**: 6-8.

STÖCKLEIN, B. (1981): Amphibienfauna und Teichwirtschaft. — Mitt. Landesverb. Amph. Rept. Schutz **1**: 17-20

VIERTEL, B. (1978): Populationsökologische Untersuchungen an Erdkrötenlarven (*Bufo bufo* L.). — Dissertation Fachbereich Biologie, Universität Mainz.

VIERTEL, B. (1980): Überlebensraten und Mortalität bei Erdkrötenlarven (*Bufo bufo* L.) im Freiland (Amphibia: Salientia: Bufonidae). — Salamandra **17**: 20-42.

VOGT, D. (1981): Die Amphibienfauna der Schwetzinger Wiesen. — Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Baden-Württemberg **53/54**: 423-445.

WELCH, H. E. (1960): Two applications of a method of determining the error of population estimates of mosquito larvae by mark and recapture technique. — Ecology **41**: 228-229.

Anschrift des Verfassers:

Diplom-Biologe PETER BREUER, Institut für Zoologie, Universität Mainz, Saarstraße 21, D(W)-6500 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beihefte

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: 6

Autor(en)/Author(s): Breuer Peter

Artikel/Article: Amphibien und Fische — Ergebnisse experimenteller Freilanduntersuchungen 117-133